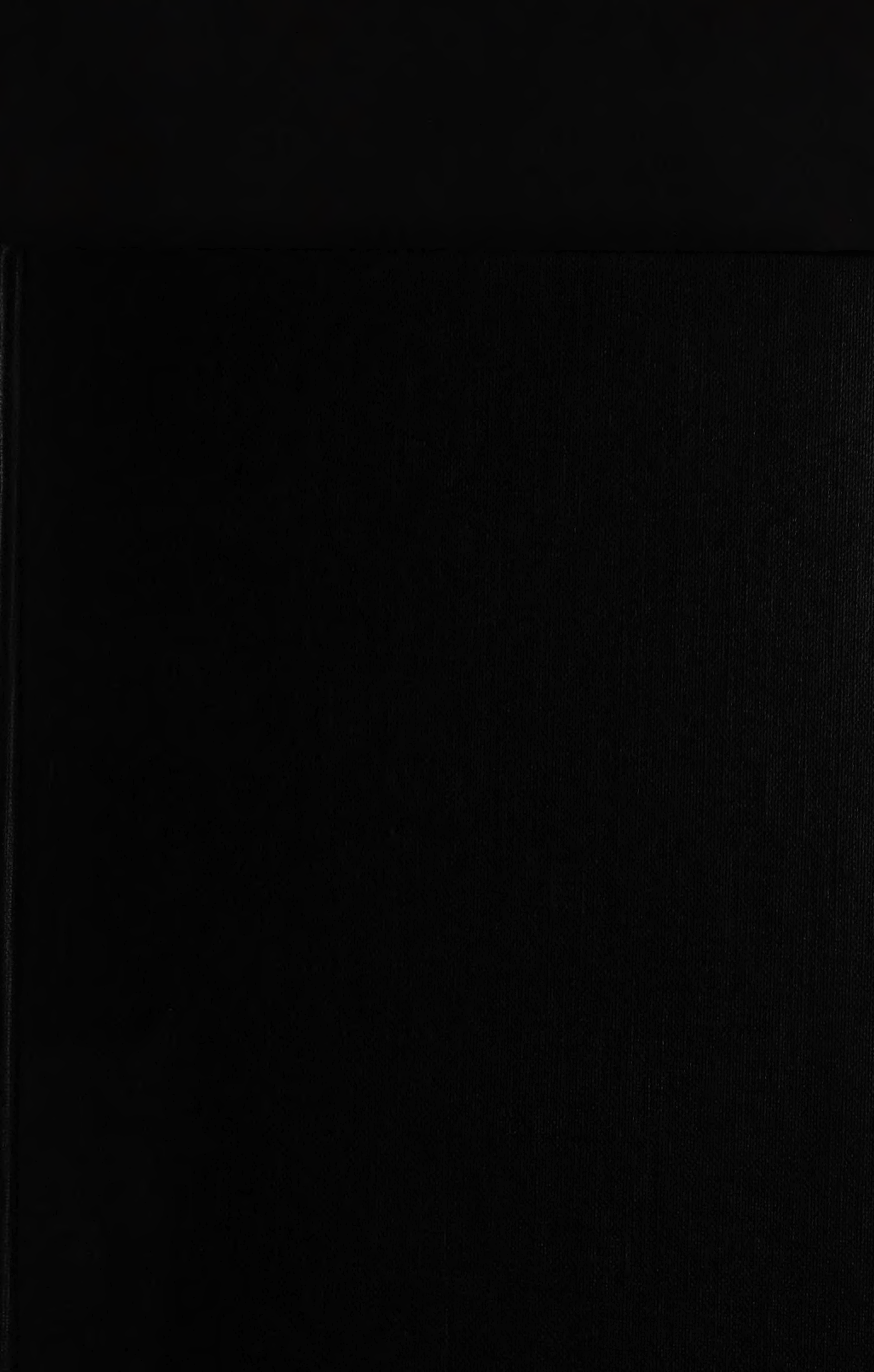


# ANNALES
DE
# L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
# RECHERCHE AGRONOMIQUE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

# ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE




INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
*7, rue Keppler — Paris*

# PREMIÈRE LISTE ANNOTÉE DE CHAMPIGNONS PARASITES DE PLANTES CULTIVÉES EN COTE D'IVOIRE

PAR

**Mme R. RESPLANDY, MM. J. CHEVAUGEON, M. DELASSUS et M. LUC**

Laboratoire de Pathologie Végétale
Institut d'Enseignement et de Recherches tropicales
Abidjan (Côte d'Ivoire).

---

C'est en 1907 que le Professeur A. CHEVALIER a adressé au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris les premiers champignons collectés systématiquement en Côte d'Ivoire. Après lui, de nombreuses missions temporaires ont parcouru ce territoire et ont emporté leurs récoltes en Europe. Les plus récentes sont celles de Roger HEIM en 1946, de JACQUES-FÉLIX en 1950 et de VIENNOT-BOURGIN en 1951.

En 1932 seulement, A. MALLAMAIRE publie les premiers travaux menés à leur terme en Côte d'Ivoire même, au laboratoire de phytopathologie de Bingerville créé depuis peu. Des publications, dont la bibliographie est annexée au présent article, ont fait ensuite mention de cryptogames parasites des plantes cultivées en Côte d'Ivoire, mais ces publications sont fragmentaires et dispersées dans un grand nombre de revues.

La liste qui suit, établie par la réunion des chercheurs du Laboratoire de Phytopathologie de l'Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales d'Adiopodoumé, est donc la première. Elle ne saurait prétendre être complète et elle est limitée volontairement aux seuls champignons présentant un intérêt pour la pathologie. 325 cas de parasitisme sont rapportés ; ils sont attribués à 198 espèces de cryptogames dont 145 environ sont nouvelles pour la Côte d'Ivoire.

Un inventaire de la flore cryptogamique connue en Afrique Occidentale sera ultérieurement établi en collaboration avec le Centre de Détermination de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

Les plantes hôtes seront ici classées dans l'ordre alphabétique de leur nom botanique suivi de la liste des champignons hébergés. Les espèces cryptogamiques critiques ou présentant un intérêt particulier pour le Territoire seront ensuite étudiées dans l'ordre systématique.

Agave sisalana (Englm.) PERRINE.

*Coniothyrium concentricum* (Desm.) SACC. var. *agaves*

*Colletotrichum agaves* CAV.

Albizzia lebbek BENTH.

*Fomes lamaoensis* MURR.

*Leptoporus lignosus* (Kl.) HEIM ex PAT.

Ananassa sativa LINDL.

*Aspergillus niger* v. TIEGH.

*Botryodiplodia theobromae* PAT.

*Curvularia sp.*

*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) v. HÖHN.

Arachis hypogaea L.

*Aspergillus niger* v. TIEGH.

*Cercospora personata* (B. et C.) ELLIS.

*Colletotrichum curvatum* BRIANT et MARTYN.

*Colletotrichum Mangenoti* CHEVAU.

*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.

*Phyllosticta cf. sojaecola* MASSAL.

Aucoumea klaineana PIERRE.

*Pestalozzia aucoumeae* Cl. et M. MOREAU.

Beta vulgaris L.

*Cercospora beticola* SACC.

Cajanus indicus SPRENG.

*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.

*Fusarium moniliforme* SHELD. var. *subglutinans* WR. et REINKING.

Canavalia gladiata D. C.

*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.

Canavalia ensiformis D. C.

*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.

Capsicum annuum L.

*Ascochyta cf. melongenae* PADM.

*Colletotrichum nigrum* ELL. et HALS.

*Diplodia solanicola* SACC.

*Fusarium semitectum* BERK. et RAV. *majus* WR.

*Phyllosticta cf. pseudo-capsici* BRUN.

*Tryblidiella rufula* (SPRENG.) SACC.

Carica papaya L.

*Botryodiplodia caricae* (SACC.) PETR.

*Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.) SACC.

*Mycosphaerella caricae* SYD.

*Phyllosticta caricae-papayae* ALLESCHER.

Cassia absus L.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
Citrus aurantifolia (CHRIST.) SWINGLE.
*Phomopsis citri* FAWCETT.
*Sphaerostilbe repens* B. et Br.
Citrus paradisi MACF.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Diplodia natalensis* EVANS.
*Phomopsis citri* FAWCETT.
Citrus sinensis OSBECK.
*Aspergillus niger* v. TIEGH.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.) SACC.
*Diplodia natalensis* EVANS.
*Eutypella citricola* SPEG.
*Penicillium digitatum* SACC.
*Penicillium italicum* WEHM.
*Phomopsis citri* FAWCETT.
*Sphaerostilbe repens* B. et BR.
Cocos nucifera L.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Pestalozzia palmarum* COOKE.
*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) v. HÖHN.
Coffea abeokutae CRAMER.
*Aschersonia coffeae* P. HENN.
*Aspergillus niger* v. TIEGH.
*Auerswaldia excoriata* C. et M. MOREAU.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Cercospora coffeicola* B. et C.
*Colletotrichum coffeanum* NOACK.
*Corticium koleroga* (CKE) VON HÖHN.
*Diplodia coffeicola* ZIMM.
*Fomes lamaoensis* MURR.
*Fusarium xylarioides* STEY.
*Giberella xylarioides* (STEY.) HEIM et SACCAS.
*Hypomyces haematococcus* (BERK. et BR.) WR.
*Hypomyces haematococcus* (BERK. et BR.) WR. var. *breviconus* WR.
*Irenina coffeae* ROGER.
*Leptoporus lignosus* (KL.) HEIM ex PAT.
*Marasmius equicrinus* MULL.
*Nectria coffeigena* AV. SACCA.
*Pestalozzia coffeicola* AV. SACCA.
*Phoma coffeicola* TASSI.

*Phyllosticta coffeicida* Speg.
*Polyporus coffeae* Wak.
*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) von Höhn.
*Trachysphaera fructigena* Tab. et Bunt.
*Tryblidiella rufula* (Spreng.) Sacc.

Coffea canephora Pierre.

*Aspergillus niger* v. Tiegh.
*Auerswaldia excoriata* C. et M. Moreau.
*Botryodiplodia theobromae* Pat.
*Colletotrichum coffeanum* Noack.
*Eutypella coffeicola* C. et M. Moreau.
*Fusarium xylarioides* Stey.
*Giberella xylarioides* (Stey.) Heim et Saccas.
*Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) Wr.
*Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) Wr. var. *breviconus* Wr.
*Leptoporus lignosus* (Kl.) Heim ex Pat.
*Nectria coffeigena* Aver. Sacca.
*Phoma coffeicola* Tassi.
*Peroneutypa multistromata* C. et M. Moreau.
*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) von Höhn.
*Trachysphaera fructigena* Tab. et Bunt.
*Tryblidiella rufula* (Spreng.) Sacc.

Coffea liberica Bull.

*Anthostomella coffea* Del.
*Aspergillus niger* v. Tiegh.
*Auerswaldia excoriata* C. et M. Moreau.
*Botryodiplodia theobromae* Pat.
*Cercospora coffeicola* B. et C.
*Colletotrichum coffeanum* Noack.
*Corticium koleroga* (Cke) von Höhn.
*Eutypella coffeicola* C. et M. Moreau.
*Fomes lamaoensis* Murr.
*Fusarium xylarioides* Stey.
*Giberella xylarioides* (Stey.) Heim et Saccas.
*Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) Wr.
*Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) Wr. var. *breviconus* Wr.
*Leptoporus lignosus* (Kl.) Heim ex Pat.
*Marasmius equicrinus* Mull.
*Nectria coffeigena* Aver, Sacca.
*Pestalozzia coffeicola* Aver. Sacca.
*Phoma coffeicola* Tassi.
*Phyllosticta coffeicida* Speg.
*Polyporus coffeae* Wak.

*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) VON HÖHN.
*Tryblidiella rufula* (SPRENG.) SACC.

Cola nitida CHEV.
*Corticium koleroga* (CKE) VON HÖHN.
*Pestalozzia sp.*

Crotalaria juncea L.
*Fusarium sp.*
*Periconia epiphylla* (SW.) EARLE.

Crotalaria retusa L.
*Colletotrichum curvatum* BRIANT et MARTYN.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
*Gibberella* cf. *fujikuroi* (SAW.) WR. var. *subglutinans* Edw.
*Heterosporium sp.*

Crotalaria striata D. C.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
*Giberella fujikuroi* (SAW.) WR. var. *subglutinans* Edw.
*Leptoporus lignosus* (KL.) HEIM ex PAT.

Cymbopogon citratus STAPF.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
*Puccinia cymbopogonis* MASS.

Derris elliptica BENTH.
*Phyllosticta derridis* HENN.

Dioscorea spp.
*Bagnisiopsis dioscoreae* WAK.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Hemileia dioscoreae-aculeatae* RAC.
*Mycosphaerella dioscoreaecola* SYD.
*Phyllosticta dioscoreae* COOKE.
*Phyllosticta dioscoreaecola* BRUN.
*Verticillium sp.*

Elaeis guineensis JACQ.
*Cercospora elaeidis* STEY.
*Colletotrichum sp.*
*Hysterostomella elaeicola* MAUB.
*Leptoporus lignosus* (KL.) HEIM ex PAT.
*Meliola elaeis* STEY.
*Parodiella gloeosporioides* STEY.
*Pestalozzia palmarum* CKE.
*Pestalozzia versicolor* SPEG.
*Sphaerostilbe repens* B. et BR.
*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) VON HÖHN.

Gossypium spp. indet.
- *Alternaria gossypina* (Thüm.) Hopk.
- *Ashbya gossypii* Ash. et Now.
- *Cercosporella gossypii* Speg.
- *Corticium solani* (Prill. et Del.) Bourd. et Galz.
- *Diplodia gossypina* Cooke.
- *Glomerella gossypii* Edg.
- *Kuhneola gossypii* (Lagerheim) Arth.
- *Phyllosticta malkoffii* Bub.
- *Ramularia areola* Atk.
- *Spermophthora gossypii* (Ash. et Now.) Guill.
- *Tryblidiella rufula* (Spreng.) Sacc.

Hevea brasiliensis Muell. Arg.
- *Colletotrichum heveae* Petch.
- *Gloeosporium heveae* Petch.
- *Helminthosporium heveae* Petch.
- *Leptoporus lignosus* (Kl.) Heim ex Pat.
- *Phyllosticta heveae* Zimm.

Hibiscus esculentus L.
- *Botryodiplodia theobromae* Pat.
- *Haplosporella sp.*
- *Tryblidiella rufula* (Spreng.) Sacc.

Ipomoea batatas (L.) Lam.
- *Cystopus convolvulacearum* Speg. var. *minor* Speg.
- *Phyllosticta batatas* (Thum.) Cooke.
- *Phyllosticta ipomoae* Ell. et Kell.

Ipomoea digitata L.
- *Puccinia batatae* Syd.

Jatropha curcas L.
- *Colletotrichum manihotis* Henn.

Khaya ivorensis A. Chev.
- *Marasmius equicrinus* Mull.
- *Pestalozzia sp.*

Lycopersicon esculentum Mill.
- *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) Jones et Grout.
- *Cercospora canescens* Ell. et Mart.
- *Corticium rolfsii* (Sacc.) Curzi.
- *Cladosporium fulvum* Cooke.
- *Didymella lycopersici* Kleb.
- *Fusarium lycopersici* Brushi.
- *Helminthosporium lycopersici* Maub. et Roger.
- *Helminthosporium carposaprum* Pol.
- *Hypomyces haematococcus* (B. et Br.) Wr.

*Haplosporella solani* (PASS.) SACC.
*Septoria lycopersici* SPEG.
Mangifera indica L.
*Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.) SACC.
*Glomerella cingulata* (STON.) SPAUL. et SCHR.
*Pestalozzia mangiferae* HENN.
Manihot utilissima POHL.
*Asterina manihotis* SYD.
*Botryosphaeria ribis* (TODE) GROSS. et DUGG.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Cercospora caribaea* CHUPP et CIFERRI.
*Cercospora henningsii* ALLESCH.
*Colletotrichum manihotis* HENN.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
*Dothiorella botrya* SACC.
*Fusarium equiseti* (Cda) SACC. var. *bullatum* (SHERB.) WR.
*Fusarium javanicum* KORDERS.
*Fusarium solani* (MART.) APP. et WR. var. *minus* WR.
*Fusarium solani* (MART.) APP. et WR. var. *eumartii* WR.
*Gloeosporium manihotis* HENN.
*Haplographium manihoticola* VINC.
*Haplosporella manilensis* SACC.
*Hypomyces haematococcus* (B. et BR.) WR.
*Hypomyces haematococcus* (B. et BR.) WR. var. *breviconus* WR.
*Irenina entebbeensis* HANS. et STEV.
*Leptoporus lignosus* (KL.) HEIM ex PAT.
*Mycosphaerella manihotis* GHESQ. et HENR.
*Ophiobolus manihotis* SYD.
*Phyllosticta manihot* SPEG.
*Phyllosticta manihobae* VIEGAS.
*Sphaerostilbe repens* BERK. et BR.
*Tryblidiella rufula* (SPRENG.) SACC.
*Zygosporium oscheoides* MONT.
Mucuna utilis WALL. ex WRIGHT.
*Cercospora mucunae* SYD.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
Musa nana LOUR.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Cercospora musae* ZIMM.
*Fusarium scirpi* LAMB. et FAUT. var. *caudatum* WR.
*Gloeosporium musarum* CKE et MASS.
*Helminthosporium torulosum* (SYD.) ASH.
*Marasmius semiustus* B. et BR.

*Stachylidium theobromae* TURC.
*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) VON HÖHN.

Oryza sativa L.
*Aspergillus niger* v. TIEG.
*Curvularia geniculata* (TRACY et EARLE) BOEDJIN.
*Curvularia lunata* BOEDJIN.
*Fusarium moniliforme* SHELD.
*Gibberella fujikuroi* (SAW.) WR.
*Helminthosporium oryzae* BREDA de HAAN.
*Helminthosporium sigmoideum* CAV.
*Heterosporium sp.*
*Leptosphaeria culmicola* (FR.) KARST. f. *minor* SACC.
*Leptosphaeria oryzina* SACC.
*Linocarpon oryzinum* (SACC.) PETR.
*Melanomma glumarum* MIYAKE f. *africana* LUC.
*Nectria zeae* SACCAS.
*Nigrospora oryzae* (B. et BR.) PETCH.
*Piricularia oryzae* BRI. et CAV.
*Phyllosticta glumarum* (E. et TR.) MIYAKE.
*Pyrenochaeta nipponica* HARA.
*Septoria oryzae* CATT.
*Ustilaginoïdea virens* (CKE) TAK.

Pennisetum purpureum SCHUM.
*Darluca filum* (BIV.) CAST.
*Leptosphaeria penniseticola* DEIGHTON.
*Puccinia penniseti* ZIMM.

Pennisetum typhoïdes STAPH. et HUBB.
*Aspergillus sp.*
*Cerebella volkensii* (HENN.) MUNDKUR.
*Curvularia* sp.
*Darluca filum* (BIV.) CAST.
*Helminthosporium* sp.
*Puccinia penniseti* ZIMM.
*Sclerospora graminicola* (SACC.) SCHR.
*Shpacelia sp.*
*Tolyposporium penicillariae* BREF.

Persea gratissima GAERTN.
*Botryosphaeria ribis* (TODE) GROSS. et DUGG.
*Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.) SACC.

Phaseolus vulgaris L.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
*Isariopsis griseola* SACC.

Psidium guajava L.

*Ospora citri-aurantii* (FERR.) SACC.
*Pestalozzia psidii* PAT.

Ricinus communis L.

*Alternaria ricini* (YOSHII) HANSFORD.
*Cercosporina ricinella* (SACC. et BERL.) SPEG.
*Corticium solani* (PRILL. et DEL.) BOURD. et GALZ.

Saccharum officinarum L.

*Coniothyrium sacchari* (MASSEE) PRIL. et DEL.
*Curvularia geniculata* (TRAC. et EARLE) BOEDJ.
*Curvularia lunata* BOEDJ.
*Leptosphaeria sacchari* BREDA de HAAN.
*Melanconium sacchari* MASS.
*Phyllosticta sp.*

Solanum melongena L.

*Aecidium habunguense* HENN.
*Ascochyta melongenae* PADM.
*Corticium rolfsii* (SACC.) CURZI.
*Diplodia solanicola* SACC.
*Fusarium solani* (MART.) APP. et WR.
*Hypomyces haematococcus* (B. et BR.) WR.
*Haplosporella solani* (PASS.) SACC.
*Leveillula taurica* (LEV.) ARN.
*Tryblidiella rufula* (SPRENG.) SACC.
*Tuberculina persicina* (DITM.) SACC.
*Vermicularia capsici* SYD.

Strophanthus sarmentosus D. C.

*Hemileia strophanthi* RAC.

Thea sinensis L.

*Pestalozzia theae* SAW.

Theobroma cacao L.

*Aspergillus glaucus* de BY.
*Aspergillus niger* v. TIEGH.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Calonectria rigidiuscula* (B. et BR.) SACC.
*Coniothyriella theobromae* ROGER.
*Colletotrichum theobromae* APP. et STR.
*Corticium koleroga* (CKE) v. HÖHN.
*Fenestella gigaspora* P. HENN.
*Fusarium decemcellulare* BRICK.
*Giberella fujikuroi* (SAW.) WR.
*Leptoporus lignosus* (KL.) HEIM ex PAT.

*Marasmius equicrinus* MULL.
*Nectria cacaoïcola* ROGER.
*Nectria theobromae* MASSEE.
*Phytophthora palmivora* BUTL.
*Trachysphaera fructigena* TAB. et BUNT.

Zea mays L.
*Aspergillus glaucus* de BY.
*Aspergillus niger* v. TIEGH.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Corticium solani* (PRIL. et DEL.) BOURD. et GALZ.
*Curvularia lunata* BOEDJ.
*Darluca filum* (BIV.) CAST.
*Dinemasporium bicristatum* CKE.
*Diplodia zeae* (SCHW.) LEV.
*Diplodia zeicola* SACCAS.
*Fusarium moniliforme* SHELD.
*Helminthosporium maydis* NISH. et MIYAKE.
*Mycosphaerella zeicola* STOUT.
*Phyllosticta zeae* STOUT.
*Septoria maydis* STOUT.
*Ustilago maydis* (D. C.) CDA.

Xanthosoma sagittifolium (L.) SCHOTT.
*Botryodiplodia theobromae* PAT.
*Phyllosticta dioscoreae* v. HÖHN.

*Phytophthora palmivora* BUTL.

La pourriture des cabosses du cacaoyer est, en Côte d'Ivoire, la principale manifestation du parasitisme de *P. palmivora* ; elle est, cependant, toujours relativement rare.

Les cabosses atteintes montrent une tache brune, presque toujours située à l'extrémité apicale, là où les gouttes d'eau séjournent plus longtemps. La tache gagne progressivement toute la cabosse, qui se dessèche et durcit. Lorsque l'attaque porte sur les cabosses jeunes, celles-ci avortent, noircissent, se momifient et, très souvent, demeurent attachées à l'arbre. Elles se recouvrent d'une poussière ténue, fugace, blanche plus ou moins jaunâtre, constituée par les fructifications du champignon.

Le chancre des rameaux du cacaoyer, également causé par *P. palmivora* est peu fréquemment observé.

Les dégâts sont le plus souvent notés lorsque l'humidité est maintenue trop élevée par des arbres insuffisamment espacés et mal élagués. Le ramassage et le brûlage des cabosses est la seule mesure d'hygiène appliquée en Côte d'Ivoire.

*Trachysphaera fructigena* TAB. et BUNT.

Sur cabosses de cacaoyer et cerises de caféier, dans toutes les plantations. (Voir fig. 1, 2, 3.)

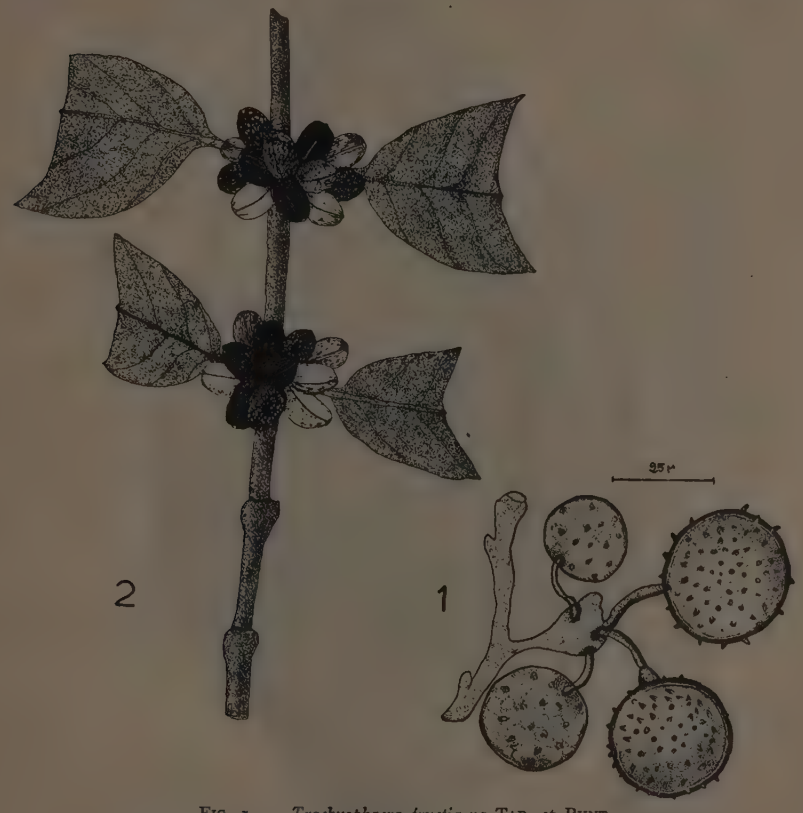



FIG. 1. — *Trachysphaera fructigena* TAB. et BUNT.
FIG. 2. — Rameau de caféier attaqué par *T. fructigena* TAB. et BUNT.

Sur cacaoyer, ce parasite provoque la pourriture farineuse des cabosses ; la maladie débute en un point quelconque du fruit, mais plus fréquemment à l'une des extrémités ; elle gagne progressivement la cabosse entière et se transmet communément par contact de fruit à fruit. En Côte d'Ivoire, la pourriture farineuse est responsable de la majorité des dégâts observés sur cabosses.

Les jeunes cabosses attaquées avortent ; lorsqu'elles sont plus âgées, le dommage causé est moins important, mais toutefois les fèves peuvent être détériorées.

Les fructifications du parasite recouvrent la cabosse entière d'une

épaisse et persistante couche poudreuse blanche plus ou moins jaunâtre ou rosâtre. Les fruits atteints sont souvent des fruits blessés ou déjà parasités par d'autres champignons ou par divers insectes.



FIG. 3' — Cabosse de cacaoyer atteinte par *T. fructigena* TAB. et BUNT.

Sur cerises de caféier, l'invasion se traduit par un noircissement puis par une momification.

Les fructifications de *T. fructigena* TAB. et BUNT sont constituées par de longs conidiophores renflés en vésicule et portant un verticille de spores globuleuses assez fortement échinulées et mesurant de 18 à 32 µ de diamètre (sur nos échantillons).

Comme pour *P. palmivora* BUTL., la seule mesure appliquée est le ramassage et le brûlage des organes atteints.

*Sclerospora graminicola* (SACC.) SCHRÖT. (fig. 3 *bis*).

Cette espèce attaque *Pennisetum typhoïdes* dont elle stérilise les épis. Ceux-ci sont, au moment de leur formation, remplacés par un faisceau

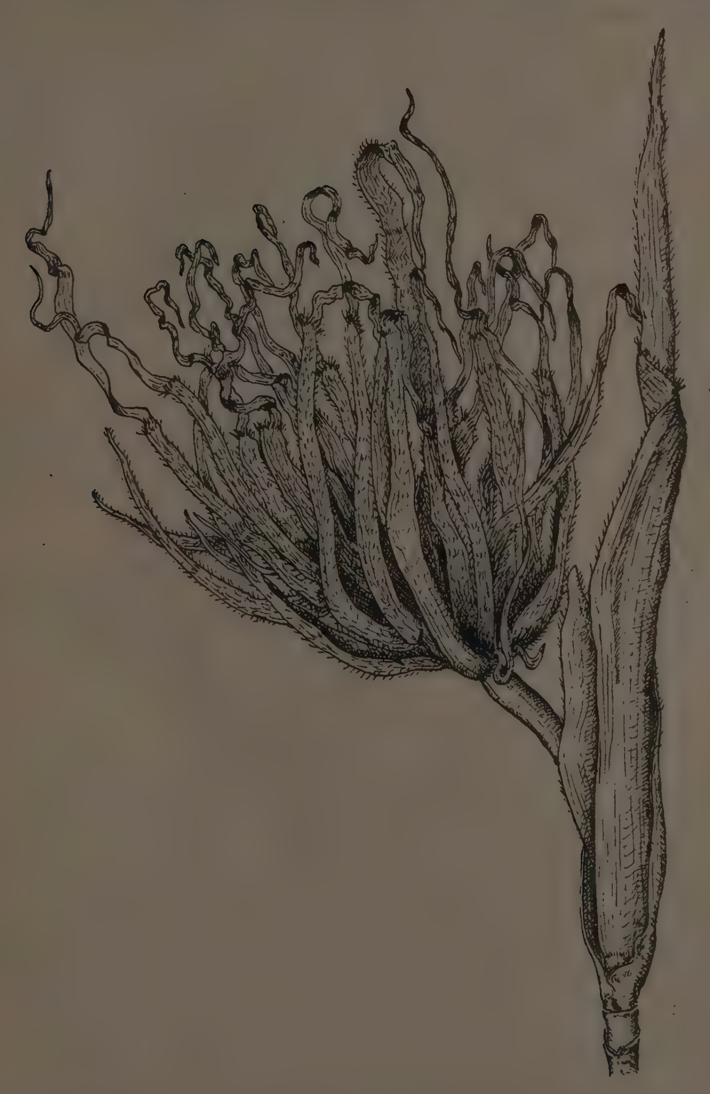


FIG. 3 *bis*. — Epi de Pennisetum typhoïdes attaqué par *Sclerospora graminicola*.

de feuilles vertes, réduites et tordues, portées par un axe raccourci, d'où le nom de « green ear disease » (maladie de l'épi vert) donné à l'affection.

*Cystopus convolvulacearum var. minor* SPEG.

La rouille blanche des feuilles d'Ipomea batatas se manifeste par de larges taches brun-roux à centre blanc crèmeux, parfois très nombreuses mais rarement confluentes ; ces taches sont ordinairement zonées sur les bords.

Les sores sont localisés à la face inférieure des feuilles et forment de petits amas crèmeux. Les spores de forme globuleuse ou aplaties par pression réciproque, ont 15 μ de diamètre en moyenne. La formation des oospores a été observée dans les tissus de taches anciennes : elles sont rondes, brunâtres, et ont de 40 à 45 μ de diamètre ; leur exospore est légèrement échinulée.

*Ustilago maydis* (D. C.) CDA.

Affection très rare sur le maïs en Côte d'Ivoire.

*Tolyposporium penicillariae* BREFELD.

Le charbon du mil à chandelle n'attaque que des fleurs isolées. Ses spores sont agglomérées en masses oblongues, noires, de 1 à 1,5 millimètre de long. Cette affection est commune dans toutes les plantations.

*Hemileia strophanthi* RAC.

Affection très commune mais peu nuisible. Les feuilles de *Strophanhus sarmentosus* portent, à leur face inférieure, des amas poudreux, orangé vif, de quelques millimètres de diamètre mais qui peuvent confluer et s'étendre à la presque totalité du limbe.

*Kuehneola gossypii* (LAGERH.) ARTH.

La rouille du cotonnier est présente dans toute l'aire de culture mais ne présente pas de gravité ; elle peut cependant entraîner une défoliation partielle.

Les feuilles se recouvrent de très nombreuses petites taches arrondies, brun rouge, à centre décoloré, d'un millimètre de diamètre environ ; à ces taches de la face supérieure correspondent, à la face inférieure, de petites pustules jaune crémeux constituées par les spores de *K. gossypii* ; à maturité, ces spores sont largement déhiscentes et entourées de paraphyses. Les urédospores sont ovoïdes, sphériques ou piriformes, à parois minces, finement échinulées.

Seules, les urédospores ont été observées en Côte d'Ivoire.

*Puccinia polysora* UNDERW. (fig. 3 *ter*)

La rouille du maïs due à *P. polysora* semble avoir fait son apparition en A. O. F. ces dernières années ; de gros ravages ont été causés par elle

en 1950, 51 et 52. En 1953, par contre, le maïs a relativement peu souffert de la rouille.

De très nombreuses pustules sous-épidermiques se forment sur les limbes, principalement à la face supérieure ; à maturité, elles éclatent en libérant une poussière orangée constituée par les spores de *P. polysora* UNDERW.



FIG. 3*ter*. — Uredosore de *Puccinia polysora*.

L'apparition de ces pustules, les urédosores, ne débute qu'exceptionnellement avant la sortie de la panicule mâle, mais à partir de ce moment elles peuvent gagner rapidement toute la plante en commençant par l'extrémité des feuilles basses et en remontant simultanément le long de ces feuilles vers la tige et à l'extrémité des feuilles d'ordre supérieur. Les urédosores par leur abondance arrivent à dessécher complètement le feuillage et ceci parfois, dans les cas graves, avant que l'épi femelle

ait eu le temps de se développer ; dans ces derniers cas les urédosores apparaissent non seulement sur le limbe mais aussi sur les gaines des feuilles, les panicules mâles et les bractées entourant l'épi femelle.

Les téleutospores n'ont jamais été trouvées en Côte d'Ivoire.

Toutes les variétés locales, à grain blanc et tendre sont pratiquement également sensibles ; seules certaines variétés à grain jaune et dur importées du Golfe du Mexique, centre d'origine de la Rouille, montrent une résistance satisfaisante.

*Puccinia penniseti* ZIMM. (non BARCL.).

La Rouille du Mil qui attaque également *Pennisetum purpureum* développe ses urédospores sur les deux faces des feuilles sous forme de pustules allongées, très nombreuses, souvent coalescentes, d'abord beiges puis orangées par suite de la libération de très nombreuses urédospores colorées, de forme variable et mesurant 30-50 × 20-33 μ.

Les téleutosores se forment en s'intercalant entre les urédosores ; ils sont plus longs et plus étroits que ces derniers et colorés en noir. Les téleutospores bicellulaires, allongées, à loge supérieure arrondie et loge inférieure cylindrique, mesurent 33-60 × 12,5-21 μ. On trouve assez fréquemment des téleutospores anormales, tri, tétra ou même monocellulaires.

Notons que les urédosores sont souvent violemment parasités par *Darluca filum* et qu'en Basse Côte d'Ivoire sur *Pennisetum purpureum* seules les urédospores sont fréquemment rencontrées.

*Aecidium habunguense* P. HENN.

Sur feuilles, pétioles et tiges d'aubergine et de diverses Solanées (*Solanum incanum, S. macrocarpum, S. anomalum*).

Les écidies, hypophylles, sont groupées en cupules généralement arrondies, saillantes, de 1 à 2 cm de diamètre ; elles sont parfois très abondantes sur la même feuille ; on les rencontre aussi, quoique plus rarement, sur les pétioles qu'elles déforment. Jeunes, elles sont orangé vif, puis elles brunissent avec l'âge ; parfois, le centre de la cupule tombe, parfois aussi les écidies se recouvrent d'un coussinet gris violacé dû à la présence d'un hyperparasite : *Tuberculina persicina* (DITM.) SACC.

Les dommages sont minimes (fig. 4, 5, 6).

*Corticium koleroga* (CKE) VON HÖHN.

Sur caféier : feuilles, fruits, branches (fig. 7) ; cacaoyer, colatier et diverses plantes spontanées.

*Corticium koleroga* est un champignon extrêmement répandu dans les régions chaudes et humides ; il est ordinairement peu redoutable ;

cependant, sur caféier notamment, où il peut être très abondant, il entraîne parfois une très forte défoliation ; s'attaquant en outre aux cerises, il peut être responsable de pertes sensibles de récolte.

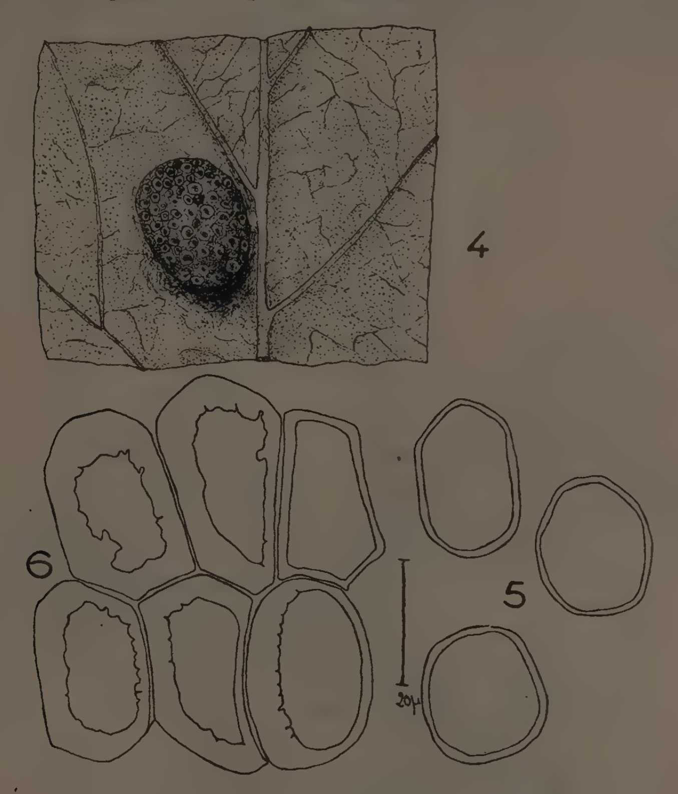



Fig. 4. — *Aecidium habunguense* P. Henn. Aspect macroscopique.
Fig. 5. — Ecidiospores.
Fig. 6. — Cellules du pseudoperidium.

Divers noms sont couramment donnés à cette maladie ; les plus fréquents dans le cas du caféier, sont : « maladie du filament », « maladie de la toile d'araignée » ; il se pourrait d'ailleurs que plusieurs espèces de *Corticium* soient confondues et réunies sous la même appellation.

En Côte d'Ivoire, les branches, la face inférieure des feuilles, les cerises de caféier sont attaquées. Sur rameaux, le mycelium s'agrège en cordonnets aisément détachables, d'abord blanc brillant puis légèrement jaunâtres, ordinairement aplatis ; ils envahissent les feuilles et s'y épanouissent en les recouvrant d'un fin réseau blanc, adhérent. Le mycelium progresse lentement, envahit peu à peu tout le limbe et se transmet d'une feuille à l'autre par contact. Les feuilles atteintes se dessèchent,

brunissent et peuvent se détacher de l'arbre mais demeurent liées entre elles par les filaments du champignon.

Sur cacaoyer et colatier, les symptômes sont absolument identiques.

En Côte d'Ivoire, à l'exception de la taille, aucune mesure de lutte n'est appliquée.



FIG. 7. — *Corticium koleroga* (CKE) VON HOHN. Aspect macroscopique des dégâts sur caféier.

*Corticium (Sclerotium) rolfsii* (SACC.) CURZI.

Sur *Canavalia*, *Cajanus*, crotalaires, tomate, riz, arachide, manioc, citronnelle, haricot.

*C. rolfsii* est un des champignons les plus fréquemment récoltés en Côte d'Ivoire ; parfois simple saprophyte, il peut être aussi un véritable parasite et causer des dégâts importants.

Des cas caractéristiques de son parasitisme ont été observés, cette année, à Adiopodoumé, sur de jeunes semis de *Canavalia* et de crotalaires. L'attaque débute par un noircissement du collet de la plante. Ce collet est bientôt entouré d'un feutrage blanc, aranéeux, formant un véritable manchon qui s'étend sur plusieurs centimètres au-dessus du niveau du



Fig. 8. — Chancre du collet de *Canavalia gladiata* provoqué par *Corticium rolfsii* (Sacc.) Cur.

sol. Au bout de quelques jours, le manchon se parsème de petits nodules sphériques, blancs puis brun-roux, d'aspect lisse et verni : ce sont les sclérotes du champignon ; ils représentent à la fois ses organes de conservation et de propagation (fig. 8).

La jeune plante ainsi attaquée flétrit et meurt au bout de quelques jours.

Sur plantes adultes, l'attaque peut également être localisée au collet,

mais *C. rolfsii* est surtout rencontré sur des chancres de la tige, notamment sur Crotalaires ; il y est, en règle générale, associé à d'autres champignons. Les feuilles de plantes attaquées par *Corticium rolfsii* présentent souvent des taches arrondies, desséchées, qui se nécrosent ; au centre de ces taches, le sclérote de *C. rolfsii* est presque toujours visible.

Les sols relativement secs et aérés des rizières peu irriguées favorisent les attaques de *C. rolfsii* ; les sclérotes apparaissent au voisinage du sol, à la base des tiges ; les pieds jaunissent et s'affaissent.

Dans les terres très humifères d'un jardin de Cocody, les pieds de Haricots montrent des lésions brunes juste au-dessus du collet et un fin lacis mycélien blanc sur lequel naissent les sclérotes sphériques blancs puis crème et finalement brun-roux, de 0,5 à 2 mm de diamètre. Les pieds s'affaissent sur le sol, les gousses qui viennent au contact de la terre sont à leur tour envahies par les sclérotes. Ces dégâts, graves, ont cédé à la suite d'un meilleur drainage.

*Corticium* (*Rhizoctonia*) *solani* (PRIL. et DEL.) BOURD. et GALZ.

Au printemps 1953, *Corticium solani* sous sa forme stérile : Rhizoctonia, a causé d'assez notables dégâts aux cultures de maïs de la station d'Adiopodoumé.

Les premiers symptômes sont des plages décolorées, crèmeuses, cernées par une ligne noire, apparaissant sur les premiers entre-nœuds à partir de la base. Peu à peu, les plages s'accroissent, forment un anneau entourant la tige sur parfois 10 cm de hauteur et se recouvrent d'un léger feutrage cotonneux blanc. De place en place, ce feutrage s'agglomère en nodules arrondis, d'abord blancs, mais qui ne tardent pas à devenir grisâtres, puis brun à noir plus ou moins fauve, tout en conservant longtemps un aspect velouté blanc : ce sont les sclérotes ; ils peuvent être volumineux et atteindre 1/2 cm de diamètre.

La surface des tiges et des épis femelles en est abondamment parsemée, mais ils se forment aussi entre les gaines des feuilles où ils s'aplatissent et confluent, formant de véritables plaques, longues de quelques cm, épaisses de 2 à 3 mm.

La tige de maïs atteinte se dessèche et se rompt ; lorsque l'envahissement des épis femelles a eu lieu suffisamment tôt, l'avortement en résulte ; s'il est plus tardif, les pertes sont cependant sensibles car la maturation ne peut se faire normalement.

*Polyporus coffeae* WAKK.

Sur *Coffea liberica*, route d'Abidjan à Agboville.

Les caféiers atteints formaient une tache languissante au sein d'une plantation par ailleurs saine. Les feuilles étaient pâles et retombantes.

Nous rapportons à *Polyporus coffeae* WAK., le manchon blanchâtre caoutchouteux, formé autour du collet et des grosses racines. Il est constitué par des filements mycéliens agglomérés avec des particules terreuses qui emprisonnent une cochenille. En coupe, on observe une pénétration du mycélium à travers la couche subéreuse qui se désorganise.

*Leptoporus lignosus* (KL.) HEIM ex PAT.

Hôte normal de la forêt éburnéenne, cet hyménomycète attaque un très grand nombre de plantes cultivées. Très anciennement signalé sur caféier, il se rencontre aussi, fréquemment, dans les plantations de Manioc établies sur des défrichements récents de forêt. Il a été aussi signalé sur *Hevea brasiliensis*.

*Marasmius equicrinus* MULL.

Sur feuilles, rameaux et branches de *C. canephora* et de Cacaoyer.

Il se développe en parasite faible, ou même en saprophyte, et forme de fins rhizomorphes noirs, dits « crins de cheval », qui n'adhèrent au support qu'en certains points, par un petit disque mycélien. Ces crins relient branches, feuilles et troncs. Les feuilles se dessèchent, se détachent, mais restent reliées entre elles par les rhizomorphes.

*M. equicrinus* a également été récolté sur *Strophanthus gratus*.

A la station forestière du Banco, il participe à la fonte des semis d'Avodiré.

*Ashbya gossypii* (ASH. et NOW.) A. GUILL.
et *Spermophthora gossypii* ASH. et NOW.

Ces deux parasites comptent parmi les ennemis les plus dangereux du Cotonnier en Côte d'Ivoire. L'affection est en relation avec des punaises du genre Dysdercus.

Les capsules parasitées apparaissent extérieurement intactes, mais à l'intérieur, les carpelles, teintés en jaune-orange, restent durs, en « quartiers d'orange ».

*Tryblidiella rufula* (SPRENG.) SACC.

Le corps fructifère est oblong, flexueux ou trigone, coriace, noir, s'ouvrant par un sillon aussi long que le périthèce et large de 20 à 80 μ ; mais ce sillon s'écarte en atmosphère humide très largement. Le périthèce est alors indiscernable d'une apothécie : sa place dans la famille des Hystériacées paraît donc sujette à discussion.

Le périthèce a de 800 à 1 200 μ de long, 400 à 560 μ de large et une hauteur de 420 à 600 μ. Les paraphyses sont abondantes ramifiées au

sommet, et agrégées en un épithecium qui recouvre les asques et les protège après l'ouverture du sillon ; elles ont pour dimensions : 112-180 × 1,8-3,2 μ.

Les asques sont cylindriques, non stipitées, à 8 ascospores monostiques ; leurs dimensions sont : 128-160 × 9,6 μ.

Les ascospores sont d'abord hyalines et bicellulaires, très rapidement brunes et quadricellulaires par apparition de deux nouvelles cloisons transversales ; elles sont très nettement comprimées au niveau de la cloison médiane, la cellule supérieure présentant parfois un maximum diamétrique. Les ascospores jeunes mesurent : 20,0-22,5 × 7,6-8,0 μ. Mûres, elles atteignent : 24,2 × 9,0 (19,2-31,3 × 7,8-9,7) μ.

Ce micromycète n'est pas spécifique du genre *Coffea* ; il a également été collecté sur aubergine, cotonnier, *Hibiscus esculentus*, manioc et piment.

*Parodiella gloeosporidia* STEY.

Très abondant sur feuilles de palmier à huile, il recouvre leur face supérieure d'une couche noire et dure et peut entraîner leur dessèchement. Il ne cause cependant pas de dégâts justiciables d'un traitement.

*Leptosphaeria sacchari* BREDA de HAAN.

Ce champignon très commun en Côte d'Ivoire, provoque la maladie des taches rondes de la canne à sucre.

Les taches se forment sur les feuilles, elles sont arrondies puis s'allongent ; leur centre clair, grisâtre, est toujours entouré d'une marge rougeâtre ; les périthèces se forment au centre des taches ; ils sont globuleux, noirs, profondément enfoncés dans les tissus, mais légèrement érumpents à maturité.

Dans les taches dues à ce champignon se rencontre très fréquemment un *Phyllosticta* représentant très certainement la forme conidienne de *Leptosphaeria sacchari*.

*Leptosphaeria penniseticola* DEIGHTON.

Sur feuilles de *Pennisetum purpureum* (fig. 9).

Les symptômes sont très comparables à ceux de *Leptosphaeria sacchari* sur la canne à sucre : les feuilles se ponctuent de taches ovoïdes-arrondies, toujours allongées parallèlement aux nervures ; le centre en est grisâtre et toujours entouré d'une ligne rougeâtre nette ; les taches peuvent confluer et atteindre plusieurs cm de long sur quelques mm de large ; ultérieurement la feuille se dessèche et brunit.

Les périthèces se forment au centre des taches où ils apparaissent sous forme de points noirs légèrement saillants.

Dimensions des asques : 60-80 × 12-15 μ ; des ascospores : 18-25 × 5-6 μ. Les paraphyses sont en très petit nombre.

*Leptosphaeria oryzina* Sacc.

Espèce assez peu fréquente qui dessèche les glumes de riz lesquelles prennent un aspect grisâtre. Les périthèces se forment entre les nervures



Fig. 9. — Feuille de *Pennisetum purpureum* attaquée par *Leptosphaeria penniseticola* Deighton.

et n'apparaissent à l'extérieur que sous forme d'un anneau noir teinté intérieurement de blanc, anneau représentant l'ostiole. Les périthèces mesurent 100-125 μ de diamètre, les asques 52-60 × 10-13 μ et les ascospores, brunes, légèrement fovéolées, tetracellulaires 16-20 × 4-5 μ.

*Melanomma glumarum* Miyake f. *africana* Luc.

Ce Pyrénomycète est assez fréquent sur les glumes de riz. Il participe à leur dessèchement, sans toutefois leur conférer une coloration spéciale ni produire de taches. Les périthèces, superficiels, noirs, ponctiformes, mesurent 120-140 μ de diamètre, les asques 47-66,5 × 6-9 μ et les ascospores, brunes, trisptées, 15-19 × 3-4,5 μ.

*Bagnisiopsis dioscoreae* Wakk. (fig. 10).

Ce parasite assez peu fréquent provoque sur les jeunes pousses d'ignames une déformation et une atrophie conduisant à une sorte de balai de sorcière ; puis, un stroma noir, d'abord sous-épidermique, finalement érumpent, entoure la tige d'un manchon rugueux plus ou moins continu.

Cette maladie, très localisée, ne se développe que dans de mauvaises conditions de végétation, en particulier dans des sols trop humides.



Fig. 10. — Balai de sorcière de l'igname provoqué par *Bagnisiopsis dioscoreae* Wak.

*Mycosphaerella dioscoreicola* Syd.

Sur feuilles de *Dioscorea alata*-Adiopodoumé.

Les feuilles présentent des taches arrondies dont le centre, qui se détache souvent, est desséché, de couleur grisâtre, entouré d'une marge rougeâtre persistante.

Les périthèces se forment au centre des lésions et sont profondé-

ment enfoncés dans les tissus ; les asques, hyalins, cylindriques, renferment huit ascospores distiques, uniseptées, légèrement comprimées au niveau de la cloison, hyalines à olivâtres, multiguttulées, mesurant 12-14 × 4-6 μ.

*Mycosphaerella caricae* SYD.

Très commun sur feuilles de papayer, ce parasite crible le limbe de petites taches arrondies, d'abord brun-rouge, puis à centre décoloré gris-blanchâtre, brillant, entouré d'une ligne brun-rouge sombre.

Les dégâts sont le plus souvent négligeables ; on note cependant parfois le flétrissement des feuilles atteintes et leur chute prématurée.

*Mycosphaerella manihotis* GHESQUIÈRE et HENRARD.

C'est un parasite commun sur les feuilles de manioc, dans l'ensemble de la Côte d'Ivoire, mais il est plus fréquent pendant les saisons sèches que pendant les saisons pluvieuses.

Les symptômes sont ceux décrits plus loin pour *Cercospora henningsii* ALLES. et GHESQUIÈRE et HENRARD en créant en 1924, *M. manihotis*, ont signalé que cet ascomycète apparaissait en association avec *Septogloeum manihotis* (= *Cercospora henningsii* ALLES.). En 1932, GHESQUIÈRE maintient que l'état byssoïde de cette sphaeriale serait un *Cercospora*, car les formes ascigènes et conidiennes prennent naissance sur les mêmes stromas brun-foncé. Cependant aucune preuve expérimentale de cette liaison entre les deux parasites n'a encore été apportée.

D'autre part, toujours en 1932, GHESQUIÈRE a cru devoir considérer son espèce comme synonyme de *Sphaerella manihotis* SYD. Cette synonymie est difficilement admissible, car les ascospores des échantillons ayant servi de type à la diagnose de 1924 sont étranglées au niveau de la cloison médiane ; or, SYDOW précise les ascospores de *S. manihotis* « non cristrictis ». De plus, si les périthèces ont bien, dans les deux diagnoses, des dimensions comparables, par contre les asques et les ascospores ont, d'une description à l'autre, des dimensions variant du double au triple.

Il est difficile d'admettre avec GHESQUIÈRE que les grosses différences constatées sont dues à des réactions écologiques ou, encore plus difficilement, à de simples variations saisonnières.

D'ailleurs ARNAUD et, plus récemment, PÉTRAK, séparent nettement *Sphaerella manihotis* SYD. des *Mycosphaerella* vrais.

*Mycosphaerella zeicola* STOUT.

Les périthèces de cette espèce apparaissent sur de grandes plages desséchées des feuilles basses de Maïs. Se formant chacun dans une

chambre sous-stomatique ils sont régulièrement disposés en ligne entre les nervures, saillant à la face inférieure de la feuille par un pore très court.

Les dimensions des périthèces sont de 100 à 135 μ de diamètre. Les asques, trapus, sessiles, à paroi épaisse, mesurent 40-52 × 8,5-11 μ et contiennent 8 ascospores hyalines, bicellulaires de 12,5-14,5 × 3,8-4,7 μ.

*Linocarpon oryzinum* (SACC.) PETR. (= *Ophiobolus oryzinus* SACC.).

Ce parasite commun dans les rizières de Basse Côte d'Ivoire semble n'épargner aucune variété locale. Il attaque les plantules ainsi que la couronne, la base de la tige et la gaine des riz adultes.

Le premier signe visible de la maladie, sur les plantes adultes est une coloration brune des gaines de deux feuilles les plus âgées, depuis la couronne jusqu'à une assez grande hauteur au-dessus du plan d'eau.

Les limbes des feuilles atteintes perdent leur turgescence, s'affaissent sur le sol et sèchent ou subissent des pourritures secondaires. Les gaines plus profondément situées sont atteintes à leur tour. La base des tiges est plus tardivement et moins fréquemment attaquée.

Les plants infectés se distinguent encore des plants sains par leur tallage réduit et par leur maturité anormalement précoce.

Une bonne régulation du plan d'eau entrave le développement de ce parasite.

*Ophiobolus manihotis* SYDOW.

Ce champignon est fréquent sur les tiges de manioc en voie de nécrose, particulièrement de mai à juin, et en août-septembre. Il entraîne parfois la dessication prématurée des pédoncules des fruits.

Sur les jeunes tiges, il est visible sous forme d'enflures sous-épidermiques, en calotte, brun-noirâtre, isolées ou groupées, de 1/5 à 1/3 de millimètre de diamètre. Les périthèces sont toujours situés en dessous de la limite des nécroses dues à *Colletotrichum manihotis* HENN., et les hyphes n'atteignent qu'exceptionnellement cette limite. Tous les tissus de l'hôte sont détruits jusqu'au plan ligneux.

Mais, *O. manihotis* n'est pas un parasite capable d'envahir des tiges saines ; il ne fait qu'accélérer les destructions causées par son introducteur obligé.

*Sphaerostilbe repens* BERK. et BR.

Fréquent dans les cultures en forêt, ce parasite apparaît aussi dans le sol, notamment au voisinage de palmiers coupés, dans les terrains compacts et gorgés d'eau ; c'est alors un simple saprophyte. Mais il peut également se conduire en parasite des plantes cultivées, en particulier des Citrus et du manioc.

Les racines secondaires du manioc sont crevassées, lacérées, et bientôt complètement désorganisées. Mais les symptômes sont plus typiques sur les grosses racines. Une section transversale montre les cordons mycéliens localisés dans le parenchyme externe et autour du cylindre central.

Le suber, desséché, se soulève facilement ; le parenchyme sous-jacent perd toute cohésion ; il se présente comme une masse pulvérulente humide, facile à enlever pour dégager les cordons mycéliens aplatis, d'un millimètre d'épaisseur, coalescents dans la zone d'attaque intense et formant un manchon continu et ruminé, ou libres, à la pointe extrême de l'avance, et alors ramifiés, digités, bi ou multilobés. Les tissus ligneux sont bleuâtres et ont une structure feuilletée si l'attaque est très ancienne. Seule la forme imparfaite de ce parasite a été décelée.

L'extension de *Sphaerostilbe repens* dans un champ de manioc d'Adiopodoumé a été stoppée par le drainage du sol et la destruction par le feu des pieds atteints.

*Giberella fujikuroi* (SAW.) WR.

La forme imparfaite de ce parasite : *Fusarium moniliforme* SHEL., est commune en Côte d'Ivoire sur grains de riz, cabosses de cacaoyer, cerises de caféier, épis de maïs ou de mil. C'est aussi l'agent de la maladie dite gigantisme du riz. Or, dans la région lagunaire, les symptômes de ce mal s'observent peu fréquemment et sont toujours beaucoup moins prononcés qu'on ne le signale en Asie ou en Italie, et cependant, les grains infectés par *F. moniliforme* sont extrêmement nombreux. Les fructifications sporodochiales font saillie le long de la ligne de suture des glumelles qu'elles écartent. Longtemps après la récolte, on peut retrouver le champignon dans le sillon des enveloppes sous forme d'un feutrage léger, blanc, rose ou orangé, portant à la fois les micro et les macroconidies. La température chaude, et sans grandes variations, de la basse Côte d'Ivoire, peut expliquer la rareté du gigantisme vrai et la très forte mortalité observée.

Sur cabosses de cacaoyer, *F. moniliforme* SHEL. participe avec de nombreux autres *Fusarium* à la pourriture farineuse ; son action est secondaire et toujours consécutive à des piqûres d'insectes ou à l'attaque par d'autres champignons.

Sur épis de maïs, il est, en Côte d'Ivoire, uniquement saprophyte : les grains sont, à l'approche de la maturité, enrobés d'un feutrage rose saumoné. Dans ce feutrage se remarquent parfois les périthèces noirs, globuleux, ornés d'un col très net de *Melanospora pampeana* SPEG., Pyrénomycète associé obligatoirement à d'autres champignons.

*Giberella cf. fujikuroi* (SAW.) WR. *var. subglutinans* EDW.

Sur *Crotalaria retusa*, des périthèces noir-bleuâtre se forment en

abondance, notamment sur la base des tiges. Le flétrissement du feuillage est un des premiers symptômes de la maladie ; il est général et entraîne la mort des plantes atteintes en quelques jours.

Les caractères biométriques des périthèces et des ascospores ainsi que l'analogie des symptômes avec ceux du wilt signalé en Afrique du Sud sur *Crotalaria juncea* sont tels que nous pensons avoir affaire, en Côte d'Ivoire, au même parasite : *Giberella fujikuroi* var. *subglutinans.*

*Giberella xylarioides* (STEY.) HEIM et SACCAS.

*Giberella xylarioides* et sa forme conidienne : *Fusarium xylarioides* STEY. sont les agents, en Côte d'Ivoire, d'une redoutable trachéomycose qui, depuis 1949, a cruellement décimé les plantations de *Coffea canephora, C. leberica,* et attaque maintenant *C. robusta.*

Les arbres atteints s'exfolient et meurent par complète dessication. Sous l'écorce, on rencontre une zone noirâtre qui recouvre un bois de teinte grise. Le suber éclate ; une multitude de fissures longitudinales laissent apparaître des périthèces en très grand nombre. Les conidies se forment dans la lumière des vaisseaux.

Les mesures de lutte appliquées consistent en un dépistage rapide des arbres atteints et leur brûlage sur place pour empêcher la propagation des spores. La sélection des clônes résistants est en cours.

*Calonectria rigidiuscula* (B. et BR.) SACC.

Sur rameaux de cacaoyer et sur cabosses pourrissantes, à Adiopodoumé et dans toutes les régions cacaoyères de Côte d'Ivoire.

La forme parfaite *Calonectria* développe des pustules arrondies, groupées, de couleur rouge vif parfois orangé, sur les chancres du tronc, des branches et des rameaux de cacaoyer. Les chancres, parfois très nombreux débutent par une fissure longitudinale qui s'élargit, s'arrondit et finalement est entourée de bourrelets cicatriciels saillants ; les périthèces de *Calonectria rigidiuscula* se forment au niveau des chancres et sont le plus souvent accompagnés d'une efflorescence blanche due à la forme imparfaite : *Fusarium decemcellulare* BRICK.

*Fusarium decemcellulare* a été fréquemment isolé — avec d'autres organismes — de cabosses atteintes de pourriture farineuse.

*Calonectria rigidiuscula* et *Fusarium decemcellulare* sont parasites secondaires ; ils sont toujours associés à des piqûres d'insectes — des hémiptères principalement.

En Côte d'Ivoire aucune lutte n'est effectuée ; elle devrait d'ailleurs porter sur l'insecte.

*Ustilaginoidea virens* (CKE) TAKA. (fig. 11).

Agent du faux charbon ou charbon vert du riz.

Contrairement aux observations faites en Extrême-Orient où cette Hypocréale ne provoque que des dégâts insignifiants, les récoltes de riz de plusieurs villages de la région de Divo ont été assez gravement compromises par ce parasite en 1950. La presque totalité des grains était remplacée par une masse pulvérulente, arrondie, atteignant 1 cm de diamètre de couleur vert olive en surface, jaune vif à l'intérieur. Les glumes apparaissent parfois de part et d'autre de la masse qui les a écartées et le plus souvent les englobe et les recouvre totalement. La



FIG. 11. — *Ustilaginoïdea virens* (CKE) TAKA. Aspect macroscopique et spores.

fine poussière superficielle, vert olive à brun-jaunâtre, est constituée par les chlamydospores du champignon.

A Adiopodoumé et dans toute la région d'Abidjan, cette affection du riz est rare et toujours bénigne.

Aucune lutte n'est à envisager ; il faut cependant conseiller de détruire les panicules endommagés pour éviter la propagation.

*Aschersonia coffeae* P. HENN.

Sur rameaux et cerises de caféier déjà attaqués par des cochenilles.

*Aschersonia coffeae* recouvre la cochenille d'un coussinet hémisphérique rouge vermillon. Parfois abondant, ce champignon est cependant d'importance négligeable.

*Aspergillus niger* v. TIEGH.

Il provoque la moisissure noire des fèves de cacao, des cerises de caféier, des graines d'arachides, des plantules de maïs et de riz.

Son rôle est celui d'un saprophyte, mais par son abondance et sa rapidité de développement il peut causer de sensibles dégâts, notamment lors de la germination des graines et de la conservation des fruits mûrs.

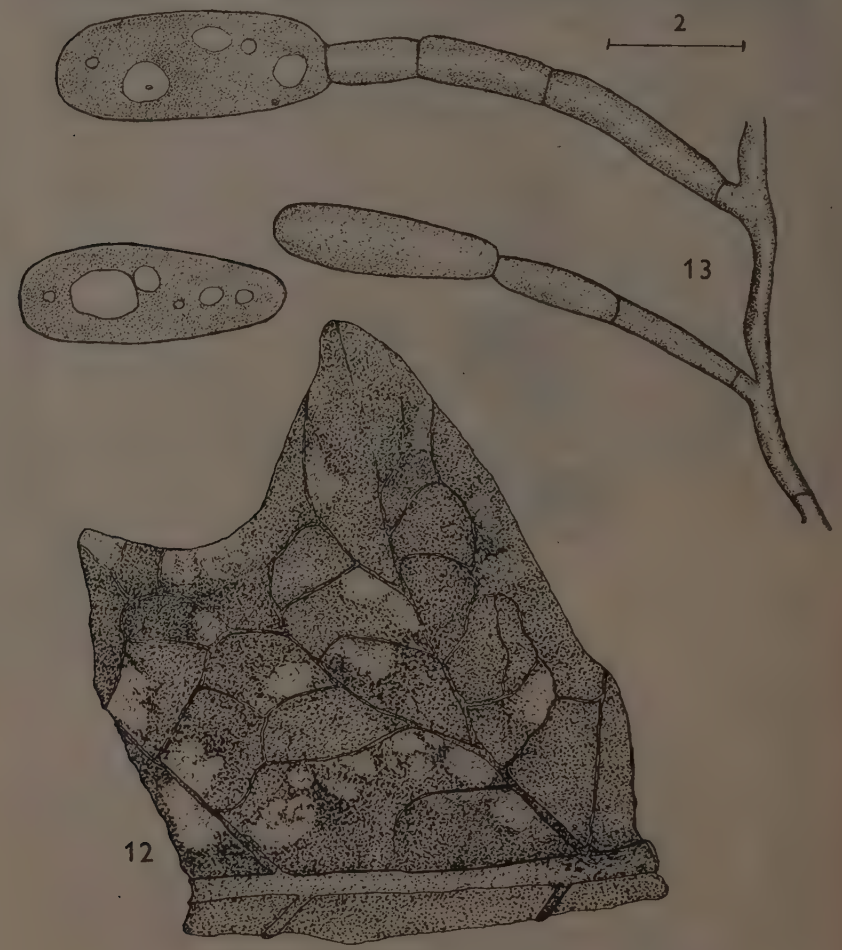



FIG. 12. — Feuille d'aubergine attaquée par *Leveillula taurica* (LEV.) ARN.
FIG. 13. — Conidiophores et conidies de Leveillula taurica (LEV.) ARN.

*Penicillium digitatum* (FR.) SACC.

Il provoque la moisissure verte des agrumes, mais ceux-ci ne constituent pas une culture d'exportation en Côte d'Ivoire. Si des vergers

rationnellement organisés étaient créés, il faudrait tenir compte de sa présence qui risquerait d'endommager gravement les fruits au cours du transport.

*Leveillula taurica* (Lév.) Arn. (fig. 12 et 13).

La face supérieure des feuilles d'aubergine présente des taches jaune pâle, diffuses, auxquelles correspondent à la face inférieure des plages recouvertes d'une légère efflorescence blanche ; il arrive que le limbe soit entièrement envahi. Ultérieurement la feuille se dessèche, brunit et tombe.

Quoique fréquente, il ne semble pas que cette affection soit de grande importance.

*Irenina coffeae* Rog.

Cette méliole provoque de larges taches d'un noir intense, circulaires, sur les feuilles et les cerises de caféier ; elle les recouvre parfois d'un véritable enduit. Son développement est extrêmement favorisé par l'humidité.

Sur les feuilles, malgré son abondance, *Irenina coffeae* est d'importance négligeable ; sur cerises, elle est plus grave car la maturation est gênée par le feutrage noir.

*Irenina entebbeensis* Hansford et Stevens.

Sur feuilles de *Manihot utilissima* ; région de Man, Adiopodoumé, Ayamé.

Cette Méliolinée forme à la face supérieure des feuilles, des plages noires, denses, grossièrement circulaires, toujours bien visibles en raison de l'abondance du mycélium superficiel.

*Asterina manihotis* Syd. (fig. 14 et 15).

Cette espèce décrite primitivement sur *Manihot glaziovii* au Sierra Leone, est fréquente en Côte d'Ivoire à la face supérieure des feuilles de *Manihot utilissima*, particulièrement sur les feuilles basses, âgées, dans les plantations très serrées. Elle est souvent mêlée à *Irenina entebbeensis*.

*A. manihotis* Sydow est presque invisible à l'œil nu ; les limbes envahis ne se distinguent des limbes sains que par leur coloration un peu plus terne ; sur nos échantillons, le champignon ne forme jamais de macules déterminées comme c'est le cas pour *Irenina entebbeensis*, il s'étend très largement sans jamais se développer assez densément pour être visible.

A la loupe, la différence est encore très perceptible : *Irenina enteb-*

*beensis* se ramifie abondamment et parvient à former une croûte presque continue, les hyphopodies sont très nombreuses et le mycelium gros, noir et brillant. Au contraire, le mycelium d'*Asterina manihotis* est

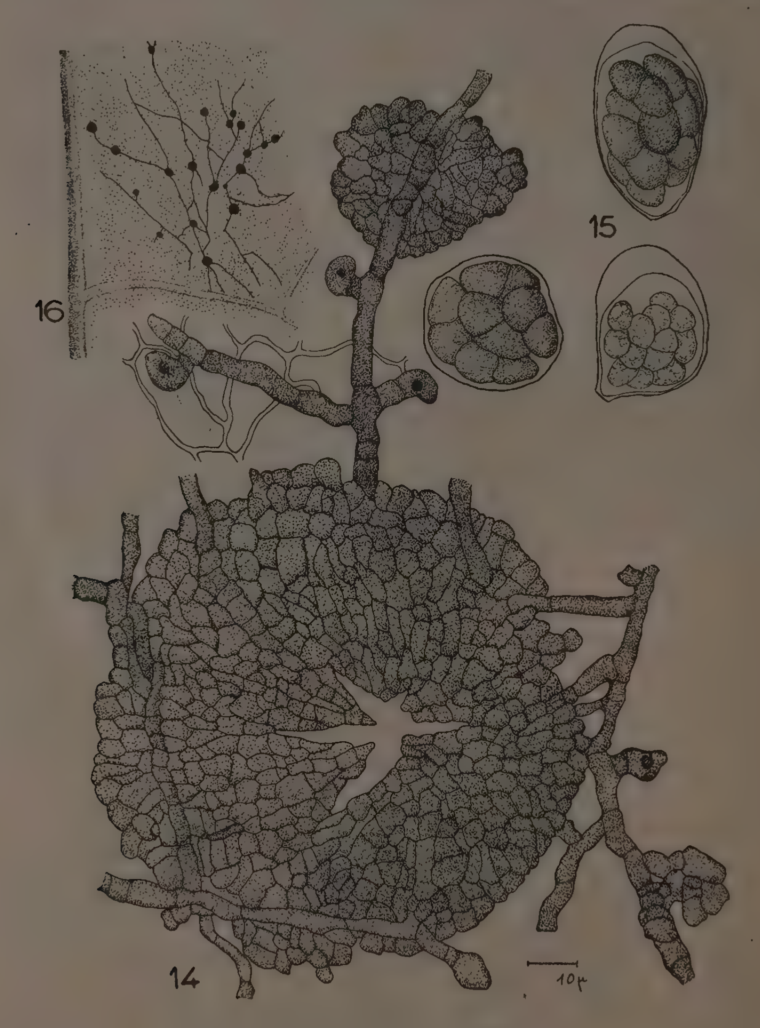



FIG. 14. — Périthèce d'*Asterina manihotis* SYD.
FIG. 15. — Asques.
FIG. 16. — Fragment de limbe de *Manihot utilissima* portant *A. manihotis* SYD.

brun roux terne, ténu, peu ramifié, peu dense, porteur d'un petit nombre d'hyphopodies. Enfin, les périthèces ont l'aspect d'écussons radiés et non de globules verruqueux.

*Phyllosticta coffeicida* Speg.

Sur feuilles vivantes de caféier, il provoque de très grandes macules orbiculaires, brunâtres, ordinairement apicales ou marginales. Les pycnides sont réparties sans ordre, immergées dans le tissu palissadique, un peu saillantes, 165-192 µ de diamètre. Spores cylindracées, entières, hyalines : 5,2-6,3 × 2,1-3,2 µ.

Les pycnides ont un diamètre légèrement supérieur à celui défini dans la diagnose originale de Spegazzini (100-150 µ) pour l'espèce, qu'il a recueillie au Brésil en 1919. Mais les deux autres *Phyllosticta* décrits sur le genre Coffea : *P. coffeicola* Speg. et *P. coffeicola* Del. sont responsables de macules blanches ou très claires.

*Phyllosticta glumarum* (Ell. et Tr.) Miyake.

Sur glumes de riz, les macules produites sont brun-grisâtre au centre et bordées de brun noir ; elles sont parsemées de pycnides. Celles-ci sont sphériques, subsphériques ou piriformes, de 130 × 90 µ ; elles contiennent des spores hyalines, cylindracées, ovoïdes ou réniformes : 4,6 × 2,3 µ.

*Phyllosticta dioscoreaecola* P. Brun et *P. dioscoreae* (Cooke) Saccardo (fig. 17 et 18).

Les symptômes déterminés sur feuilles d'ignames par ces deux parasites sont absolument identiques et s'observent dans toute la Côte d'Ivoire forestière, principalement sur des plantes en fin de cycle végétatif.

Les feuilles d'igname présentent des plages d'abord brun-jaunâtre puis brun-rouge et finalement brunes, très foncées, sèches et cassantes.

Les pycnides des deux espèces de *Phyllosticta* possèdent des dimensions analogues : 100 à 150 µ de diamètre pour *P. dioscoreaecola* et 95-110 µ pour *P. dioscoreae*. Mais les pycniospores permettent une détermination précise : les spores de *P. dioscoreaecola* mesurent 5,4-7 × 2-2,5 µ, celles de *P. dioscoreae* sont nettement plus larges : 7,5-9 × 5,5-6 µ.

*Phyllosticta derridis* Hennings.

Sur *Derris elliptica*, Bingerville.

Les feuilles de tous les âges, mais surtout les feuilles inférieures et, plus généralement, les moins aérées, sont attaquées.

L'affection débute par des macules ponctiformes, brunes, isolées, visibles sur les deux faces. Ces taches peuvent être situées en n'importe quel point du limbe et des nervures. Les jeunes lésions, brunes, d'un millimètre de diamètre, sont entourées par une zone de tissus soit transparents et verdâtres, soit jaunâtres, qui peut tripler la surface totale de la tache. Les très jeunes feuilles peuvent flétrir.

Chez les feuilles plus âgées, à un stade moyen d'infection, les taches sont isolées et ont de 3 à 4 millimètres de diamètre. La croissance du parenchyme sain se poursuit et il en résulte des torsions ou une frisolée.

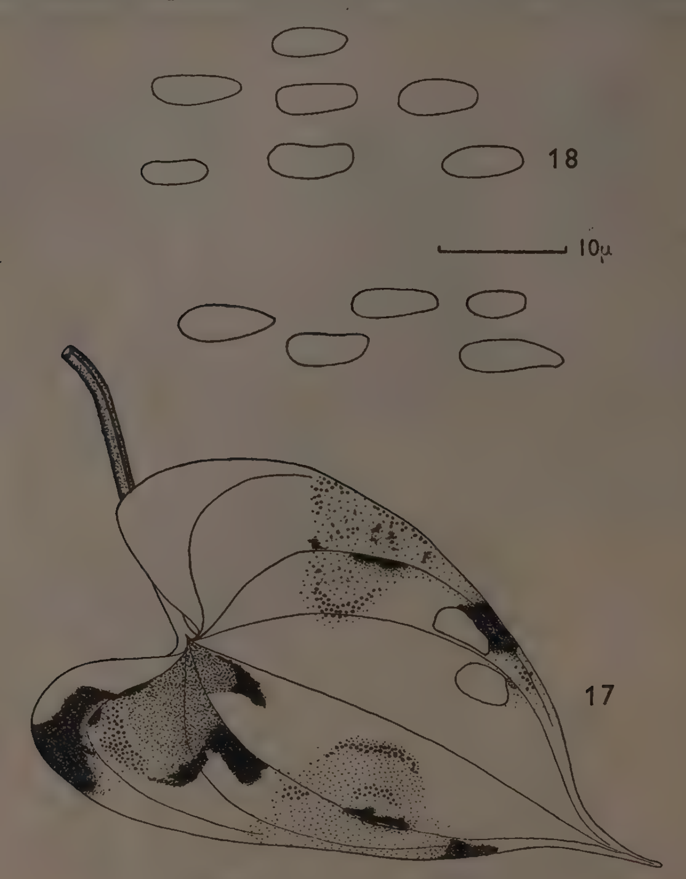



FIG. 17. — Feuille d'igname envahie par *Phyllosticta dioscoreaecola* BRUN.
FIG. 18. — Spores de *P. dioscoreaecola* BRUN.

A un stade plus avancé de la maladie, certaines macules confluent en plages mortes de forme et d'étendue variables. Une tache isolée ne dépasse pas 6 mm de diamètre : elle est circulaire, rougeâtre à brun-foncé, avec une étroite bordure brune qui la délimite nettement au sein d'une plage jaunissante diffuse. Plus tard, le centre apparaît d'un brun grisâtre de plus en plus gris. Chez les feuilles atteintes avant la fin de leur croissance, le centre de la tache peut tomber et donner à la feuille un aspect troué ; ou bien ses bords apparaissent déchiquetés, car les attaques sont très fréquemment localisées à l'apex et sur les marges des

limbes. Par temps humide les lésions anciennes se couvrent de pycnides.

Les plantations de *Derris* de Côte d'Ivoire sont établies soit sous un ombrage léger et élevé, soit dans des savanes à *Imperata*. Ce sont des conditions défavorables au développement de *Phyllosticta derridis* et la maladie offre toujours un caractère bénin.

*Phyllosticta manihot* SPEGAZZINI.

Sur feuilles de *Manihot utilissima*, en toutes saisons, dans toute la région forestière.

Certains lobes d'une même feuille demeurent parfaitement sains tandis que d'autres perdent la majeure partie de leur surface sous l'action de nécroses rarement confluentes et ne dépassant qu'exceptionnellement, à l'état isolé, un centimètre carré.

Les lésions débutent par une chlorose diffuse. En leur centre, une ponctuation plus claire, translucide, s'élargit peu à peu tandis que les fines nervures attaquées noircissent. Ces jeunes lésions ont une bordure brun roux qui s'élargit et s'assombrit sur sa marge interne jusqu'à devenir brun rouge, tranchant alors violemment sur le centre blanchâtre ou blanc rosâtre très clair de la tache.

Les conceptacles sont localisés presque exclusivement à la face supérieure et sont répartis sans ordre.

Diamètre des pycnides : 100-120 μ ; hauteur : spores : 4,5 × 1,8 μ.

*Phyllosticta manihobae* VIEGAS.

Sur feuilles de Manihot utilissima — Nouvelle-Amédée.

Cette espèce détermine de grandes macules zonées couvrant fréquemment le lobe entier. La face supérieure des taches est brun-jaune à brun-chocolat ou brun noir, entourée d'une marge chlorosée irrégulière. La face inférieure est gris jaunâtre à gris fumé.

Diamètre des pycnides : 88-144 μ ; hauteur : 64-96 μ.

Spores : 8,5 × 2,6 μ.

*Phyllosticta cf. sojaecola* MASSAL.

Cette sphaeropsidée réduit considérablement la surface assimilatrice des feuilles d'*Arachis hypogea*. L'attaque débute, en règle générale par le sommet de la foliole, exceptionnellement dans la moitié apicale, mais toujours à la marge du limbe. Elle s'étend ensuite plus vite le long de la nervure principale que sur les bords. Une bande chlorotique jaune d'or cerne les taches qui sont crème à ocre foncé ou brun rosâtre et bordées de brun foncé.

C'est un parasite relativement peu fréquent et dont les dégâts sont minimes en comparaison de ceux provoqués par la cercosporiose.

*Phyllosticta zeae* STOUT.

Cette Sphaeropsidale forme ses pycnides sur les feuilles basses de maïs au centre de taches crème bordées de marron mesurant 1 sur 0,5 cm. Ces pycnides superficielles, globuleuses ont un diamètre de 95-180 μ et contiennent de nombreuses petites spores ovales, hyalines de 6-7 × 2,5-3,5 μ.

*Pyrenochaeta nipponica* HARA.

Ce champignon donne aux glumes de riz attaquées une coloration rose saumon caractéristique, surtout visible lorsque la panicule commence à se dessécher. Les pycnides mesurant 120-140 μ de diamètre sont superficielles, globuleuses, noires et ornées de 6 à 10 soies droites, noires, longues (47-75 μ) rangées en cercle autour de l'ostiole. Ces pycnides contiennent de très nombreuses spores, petites, hyalines, ovales à bacilliformes, mesurant 3,5-5,5 × 1,2-1,8 μ.

*Phoma coffeicola* TASSI.

Sur rameaux de *Coffea canephora*.

*Phoma coffeicola* est associé à l'anthracnose des branchettes de caféier, provoquée par *Colletotrichum* (*Gloeosporium*) *coffeanum* NOACK.

Ses spores, hyalines, mesurent 3,2-4,4 × 2,0-2,8 μ.

*Phomopsis Citri* FAWC.

Très fréquent sur les rameaux morts de divers *Citrus*, ce champignon paraît surtout vivre en saprophyte, mais on considère sa présence comme un facteur important pour l'apparition de diverses maladies : gommose, shell-bark du tronc et des branches, nécrose des sommités et mélanose des fruits. Les conséquences économiques de ces affections sont graves dans les vergers rationnellement organisés. Les rameaux morts constituant un important réservoir d'infection, il devrait être tenu compte de leur présence, et leur destruction par le feu s'impose.

*Dothiorella ribis* GROSSBACHER et DUGGAR.

Sur tige de *Manihot utilissima* — Les tiges des variétés : Agba Kpouka et Agba Blé attaquées par des borers sont envahies secondairement par cette Sphaerospsidée et par son stade parfait : *Botryosphaeria ribis* (TODE ex FRIES) GROSS et DUGG.

Expérimentalement ce champignon peut entraîner la mort des jeunes boutures. Son extension est limitée par un hyperparasite appartenant au genre Stilbella.

*Haplosporella manilensis* SACCARDO.

Sur tiges de *Ricinus communis* et de *Manihot utilissima*.

Le champignon affecte l'aspect d'une verrue saillante, rugueuse, noire, de dimensions très variables, pouvant atteindre 1 /2 mm mais ne dé-

passant que rarement 500 µ. Cette verrue érumpente repose sur un stroma très lâche, fait d'hyphes bruns anastomosés en nodules dans le parenchyme cortical et jusqu'au sclérenchyme. Dans le cas d'attaques très anciennes, la fructification peut reposer directement sur le bois qui est mis à nu.

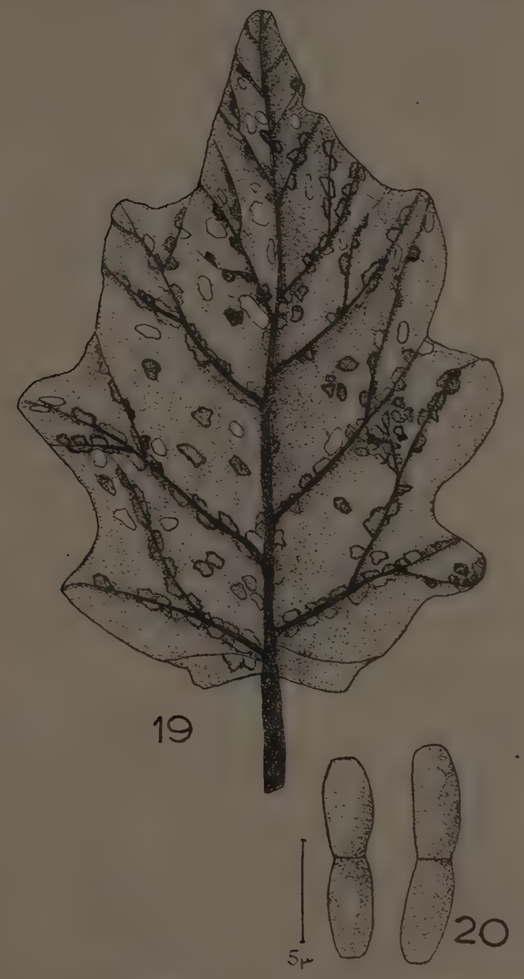



FIG. 19. — Feuille d'aubergine parasitée par *Ascochyta melongenae* PADMAN.
FIG. 20. — Spores d'*A. melongenae* PADMAN.

Le pouvoir pathogène est très réduit et les infections expérimentales ne réussissent qu'à la suite de blessures très profondes.

*Ascochyta melongenae* PADMAN (fig. 19 et 20).

Ce parasite produit sur les feuilles d'aubergine, des taches brunes,

anguleuses suivant ordinairement les principales nervures ; ultérieurement les taches s'arrondissent, peuvent confluer ; souvent, après dessèchement de leur centre qui devient grisâtre les taches se nécrosent.

Les pycnides, hypo et épiphylles, enfoncées dans les tissus, sont globuleuses, à ostiole arrondi ; leur diamètre moyen est d'environ 150 μ.

La forme parfaite de cet *Ascochyta* est très rare ; on la rencontre parfois sur taches âgées, dont les tissus déjà desséchés sont prêts à tomber. C'est un *Mycosphaerella* dont les ascospores hyalines, droites, ellipsoïdes à extrémités arrondies, bicellulaires, mesurent : 8,4-11 × 3-3,5 μ.

S'attaquant principalement aux jeunes feuilles des bourgeons et aux bractées des fruits, cet Ascochyta peut causer des dégâts relativement importants. Des pulvérisations de bouillie bordelaise à 1 % ont arrêté l'extension de la maladie.

*Darluca filum* (Biv.) Cast.

Les pycnides se forment à l'intérieur des sores de *Puccinia polysorv* Underw., sur feuilles de maïs ; elles ont été également récoltées dans les sores de *Puccinia penniseti* sur *Pennisetum purpureum*.

*Darluca filum*, parasite obligatoire des rouilles, ne peut se développer en l'absence de celles-ci ; ses pycnides noires prennent la place des spores à l'intérieur du sore parasité ; il peut ainsi en provoquer la plus ou moins complète stérilité.

Au printemps 1953, l'abondance de *Darluca* dans les sores de *Puccinia polysora* a été extrême ; il semble qu'il ait eu un rôle efficace en limitant considérablement la production des spores de *P. polysora*.

*Botryodiplodia caricae* (Sacc.) Petr.

Ses pycnides nombreuses, noires, érumpentes, donnent un aspect rugueux au rachis des feuilles de papayer envahies. Il semble bien que *B. caricae* soit seulement saprophyte de feuilles déjà affaiblies ou âgées.

*Botryodiplodia theobromae* Pat. (fig. 21).

Sur rameaux, racines et cabosses de cacaoyer ; sur rameaux de caféier ; noix de coco ; capsules de cotonnier ; bananes et hampes des régimes ; grains de maïs ; feuilles de Taro ; tubercules d'Ignames ; boutures et racines de manioc ; graines de *Cassia*.

*Botryodiplodia theobromae* Pat. est un champignon extrêmement polyphage et très répandu ; il peut revêtir des aspects morphologiquement différents. Typiquement *Botryodiplodia theobromae* présente un stroma noir, pluriloculaire ; ses spores sont hyalines et unicellulaires lorsqu'elles sont jeunes, elles sont brunes et bicellulaires à maturité, légèrement constrictées à la cloison ; leur surface est striée longitudinalement de bandes alternativement sombres et claires.

Sa présence sur les racines du cacaoyer peut entraîner la mort de l'arbre. Les racines sont recouvertes de nombreuses pustules noires, arrondies, qui sont les fructifications du champignon.

Les attaques sur cabosses provoquent le noircissement rapide, tandis que la surface de la cabosse atteinte prend un aspect pustuleux dû aux pycnides ; ces pycnides, d'abord isolées, sont bientôt liées dans un stroma densément noir ; à maturité, elles émettent un ou plusieurs cirrhes blanchâtres formés par les spores.



FIG. 21. — *Botryodiplodia theobromae* PAT. Aspect des lésions foliaires du taro.

La hampe du régime de bananier et les bananes elles-mêmes sont fréquemment envahies par *Botryodiplodia theobromae*. Le noircissement rapide et généralisé de la banane entière s'ensuit ; au stade final, la peau du fruit devient grisâtre, ridée et ponctuée d'une multitude de menues protubérances noires qui sont les pycnides.

A l'intérieur des grains de maïs contaminés, *Botryodiplodia theobromae* forme une masse noire qui, arrivée à maturité, fait éclater le grain, libérant ainsi les spores du champignon.

Des dégâts ont également été constatés sur gousses et grains de Haricots : la gousse présente une pourriture sèche, grisâtre. Les grains à maturité sont profondément ridés, recouverts d'un mycélium gris abondant ; les pycnides se forment à la surface des grains et de la gousse.

*Diplodia coffeicola* ZIMM.

C'est un des agents du die-back des branchettes et des rameaux de caféier. Son rôle semble très secondaire.

*Diplodia macrospora* EARLE.

Il forme sur les feuilles de maïs de longues taches rectangulaires jaune crémeux, sèches. Ses spores sont bicellulaires, brun clair, allongées, rectilignes ou, parfois, recourbées en crochet.

*Diplodia natalensis* EVANS.

Sa manifestation essentielle en Côte d'Ivoire est le die-back des rameaux de Citrus : l'extrémité des rameaux atteints prend une couleur grise ; la partie malade est limitée vers le bas par une ligne noire et on note très souvent une légère exsudation de gomme.

*Diplodia solanicola* SACC.

Il provoque la momification des fruits de piment et, plus rarement, de ceux de l'aubergine.

Les premières atteintes apparaissent dans la région du pédoncule et le fruit est peu à peu envahi en entier. Le fruit se dessèche et se recroqueville ; le péricarpe est réduit à une mince pellicule parcheminée, blanc grisâtre, fragile, ponctuée de pycnides noires.

*Septoria oryzae* CATT.

Ce parasite dessèche les glumes de riz ; celles-ci deviennent grisâtres et portent de nombreuses petites pycnides noires. Les conidies ont typiquement 3 cloisons ; elles sont hyalines à subhyalines et mesurent ; 17-20 × 2-6 μ.

Il semble que ce soit seulement un parasite de faiblesse.

*Septoria zeicola* STOUT.

Ce *Septoria* produit sur feuilles de maïs des taches brunes allongées ; il est réputé parasite, mais, en Côte d'Ivoire, il est assez peu fréquent.

*Dinemasporium bicristatum* CKE.

On ne le rencontre que sur feuilles de maïs déjà affaiblies ; il entraîne la formation de larges plages décolorées ; ses spores ont un long cil à à chaque extrémité.

*Gloeosporium musarum* CKE et MASSEE.

Ce parasite, très commun sur les bananes mûres, est un des agents

de la pourriture de la hampe. Il est surtout dangereux au cours du transport des régimes vers l'Europe et pendant la conservation.

*Colletotrichum gloeosporioides* PENZ. (fig. 22).

Ce champignon a été fréquemment signalé sur divers arbres fruitiers : *Citrus*, manguier, papayer. C'est sur les *Citrus* de toute espèce qu'on le rencontre le plus souvent et qu'il semble le plus dangereux.

Les feuilles, les rameaux et parfois les fruits sont atteints. Les limbes portent des taches blanches, sèches, limitées par une mince ligne noir-brunâtre, ou rougeâtre, parsemée d'acervules noirs disposés en cercles grossièrement concentriques. L'attaque des rameaux se traduit par la formation de chancres plus ou moins allongés, nettement déprimés, blanc grisâtre, cernés de brun noir.



FIG. 22. — *Colletotrichum gloeosporioides* PENZ. sur feuille de *Citrus* sp.

Sur manguier, ce sont surtout les feuilles qui sont atteintes ; elles présentent de nombreuses macules arrondies, pourpres, assez rarement fructifiées ; les fruits sont peu attaqués.

Sur papayer, c'est au contraire le fruit mûrissant qui est le support essentiel de *C. gloeosporioides*. Il se forme des taches arrondies de 0,5 à 1,5 cm, d'abord vertes et humides puis noircissantes et déprimées.

*Colletotrichum coffeanum* NOACK.

Sur les feuilles vivantes de *Coffea canephora* et de *C. liberica* apparaissent des taches brunes ou gris brunâtre, arrondies ou un peu irrégulières, souvent très petites mais dépassant parfois deux centimètres de diamètre, limitées par quelques stries légèrement saillantes.

Les acervules, noirs, sont localisés à la face supérieure. Les soies sont peu abondantes et généralement munies de deux cloisons : 32-44 × 4-5 μ. Les stérigmates (13-20 × 3,5 μ) portent des conidies cylindracées ou ovoïdes parfois un peu dissymétriques : 12,9-16,2 × 4,3-5,1 μ.

Les rameaux présentent des plages noires et sèches au niveau desquelles les feuilles sont tombées et les fruits en voie de pourriture.

*Colletotrichum nigrum* ELL. et HALS.

C'est le principal parasite du piment en Côte d'Ivoire. Les rameaux sont ceinturés et sèchent. Sur les fruits, l'anthracnose débute par de petites taches vert sombre sur les jeunes fruits, rouge foncé sur les fruits




FIG. 23. — Coupe transversale dans un acervule de *Colletotrichum manihotis* HENNINGS.

mûrs, puis, dans les deux cas, brunes et, finalement, noires ou brun noirâtre. La zone affectée, de consistance molle, s'étend graduellement et se déprime. Le fruit peut être envahi en entier et se détacher. Le pédoncule est parfois atteint. Les acervules se développent souvent en cercles concentriques. Si aucune pourriture secondaire n'intervient, le fruit sèche, se parchemine et se ride profondément.

Aucune méthode de lutte n'est actuellement appliquée en Côte d'Ivoire.

*Colletotrichum manihotis* HENNINGS (fig. 23).

Ce parasite est commun, toute l'année, dans l'ensemble des plantations de manioc. En zone forestière, il se présente souvent sous forme d'acervules dépourvus de soies dont la synonymie avec Gloeosporium manihotis HENN. a été démontrée.

Dans les régions de savane, ce parasite se perpétue, d'une saison des pluies à la suivante, sous sa forme parfaite *Glomerella*.

Le symptôme le plus commun est une pourriture brune des lobes foliaires, mais la nécrose des jeunes sommités et des pétioles est également fréquente. Les tiges âgées réagissent à l'infection par la formation de chancres et par le départ de nouveaux bourgeons.

Les manifestations foliaires seules ont été observées sur *Jatropha curcas*. Ce sont des taches brunes, irrégulières ; des plages brun foncé et des plages jaune clair sont entremêlées sans ordre.

*Coletotrichum mangenoti* CHEVAUGEON.

Cette espèce, primitivement décrite au Sénégal et au Soudan, sur les feuilles d'*Arachis hypogaea*, en association avec *Cercospora personata* (B. et C.) ELL. et EV., est également présente en Côte d'Ivoire et souvent indépendamment de son introducteur obligatoire dans les régions moins favorables à son développement.

Les symptômes de la maladie sont alors peu distincts de ceux dus à *Phyllosticta* cf. *sojaecola* MASSAL.

*Colletotrichum theobromae* APP. et STR.

Ce champignon est très fréquent sur les cabosses avortées ; il les recouvre de ses acervules rose saumonné vif, groupés en plages arrondies. On le rencontre aussi sur les cabosses mûres, mais souvent à la suite de blessures.

Les soies, assez rares, sont brunes, cloisonnées ; elles ont une cellule hyaline à la base et mesurent 60-75 × 3-3,5 µ. Les spores sont droites, ovoïdes, allongées, arrondies aux deux extrémités : 12-16 × 3-4 µ.

*Pestalozzia aucoumeae* CL et M. MOREAU.

A Adiopodoumé, ce *Pestalozzia* a attaqué les jeunes feuilles cotylédonaires d'Okoumé et a provoqué leur dessèchement et leur chute, entraînant ainsi la mort de la plantule. Des pulvérisations de bouillie bordelaise caséinée ont eu raison de la maladie.

*Pestalozzia coffeicola* AVERNA SACCA.

Il forme sur les feuilles de caféier des taches brunes, confluentes, situées principalement sur les bords des feuilles mais pouvant couvrir

la presque totalité du limbe. Les acervules sont sous-épidermiques, déhiscents à maturité, très nombreux et localisés à la seule face supérieure. Les conidies sont quadriseptées et ont 3 soies, rarement 4 ; elles mesurent : 15-28 × 8,8-9,6 μ.

*Pestalozzia palmarum* COOKE.

C'est un champignon très commun sur les feuilles de palmier à huile et de cocotier dont il dessèche les extrémités. Il est seulement parasite de faiblesse et ne se rencontre que sur palmiers âgés ou blessés.

*Pestalozzia* sp. (fig. 24, 25, 26).

Les feuilles vivantes de colatier présentent des plages brun jaune à rougeâtre ou brun noir bordées de brun rouge et limitées par une zone chlorotique. Les parties atteintes sèchent et deviennent grises ; l'épiderme supérieur tombe finalement ; il laisse à nu le parenchyme brun rougeâtre au sein duquel subsistent les nervures de couleur brun-rouge franc.

La maladie paraît toujours débuter par la pointe de la feuille, ou très près de celle-ci, et s'étendre ensuite en direction du pétiole. Les limbes brunis portent, à la face supérieure, de nombreux acervules qui ont un diamètre moyen de 200 μ.

Les spores sont trisétées, à cinq articles : la cellule supérieure est hyaline, les deux suivantes brun-noir, la quatrième est plus claire et la dernière, portée par le sporophore, est hyaline.

Soies non comprises, les conidies mesurent : 22,8 × 8,4 (19,3-25,7 × 8,0-9,2) μ. Les soies peuvent atteindre 19 μ de long.

Les fourmis œcophiles peuvent jouer un rôle dans la dissémination des spores : les feuilles atteintes sont particulièrement nombreuses au voisinage des colonies de ces fourmis.

*Ramularia areola* ATK.

Le mildiou aréolé attaque, seulement, en Côte d'Ivoire, les cotonniers d'origine asiatique et ses dégâts sont peu importants.

*Piricularia oryzae* BRI. et CAV.

Assez peu fréquent en Côte d'Ivoire, il couvre les limbes de taches d'abord brunes, puis grisâtres, ovales, allongées.

MALLAMAIRE a également signalé sur le riz *Piricularia grisea* (CKE) SACC.

*Cercosporella gossypii* SPEG.

Les taches rappellent celles causées par *Alternaria gossypii*, mais elles sont plus claires. Ce parasite est d'importance très secondaire.

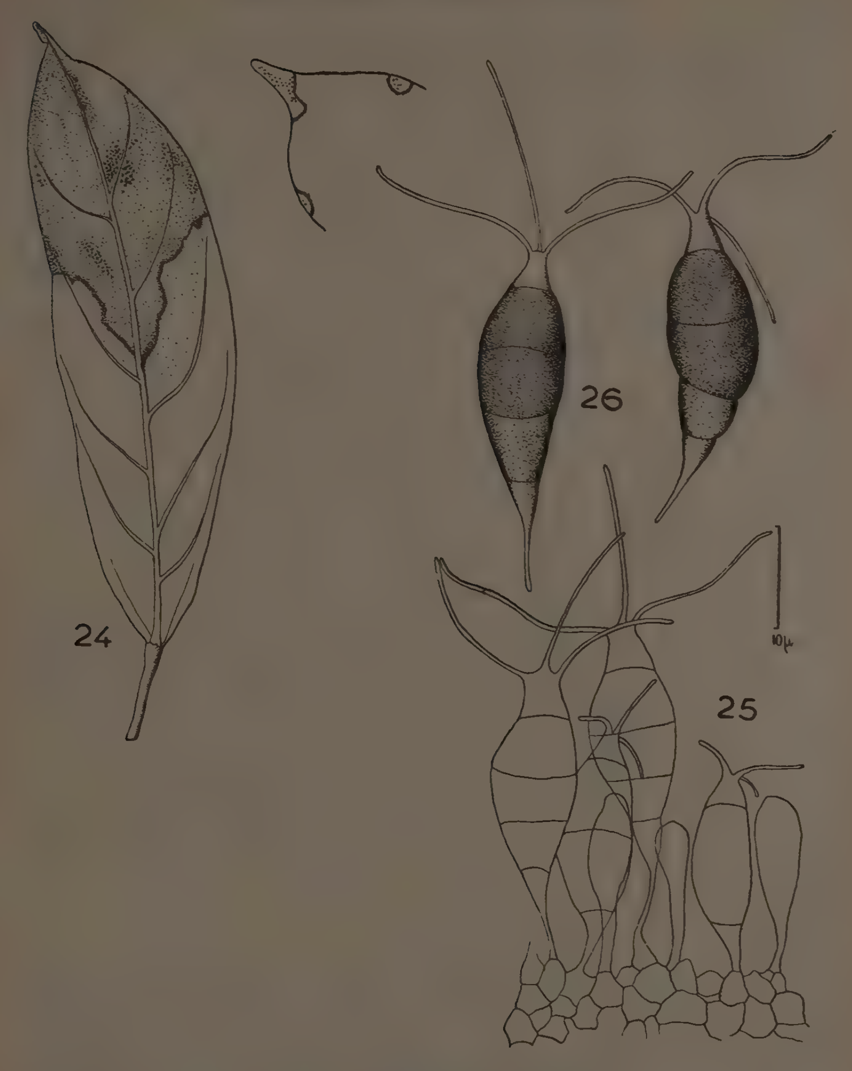



FIG. 24. — Feuille de colatier nécrosée par *Pestalozzia* sp.
FIG. 25. — Détail de la zone sporifère.
FIG. 26. — Spores.

*Thielaviopsis paradoxa* (de S.) VON HÖHN.

Sur ananas, cerises de caféier, bananes, palmier à huile, cocotier.

*Thielaviopsis paradoxa* est un des champignons les plus répandus en pays tropical ; on le rencontre en Côte d'Ivoire surtout sous sa forme imparfaite. Un de ses supports à la fois le plus fréquent et le plus dan-

gereusement attaqué est le fruit d'ananas ; il entraîne la pourriture molle ou pourriture noire des fruits mûrs dont les méfaits sont redoutables au cours du transport.

L'attaque du fruit débute à la base, près du pédoncule et progresse vers le haut, le long du cylindre central, en s'irradiant vers la périphérie. Au fur et à mesure de leur envahissement, les tissus noircissent, se ramollissent en laissant exsuder un liquide d'odeur éthylique. L'attaque peut débuter en un point quelconque du fruit s'il y a eu une blessure permettant l'entrée du parasite. Lorsque les conditions de température et d'humidité lui sont favorables, il peut aussi attaquer les boutures.

Sur bananes mûres, *T. paradoxa* est fréquemment noté ; il est généralement associé à d'autres champignons : *Gloeosporium musarum* et *Fusarium sp.* ; son rôle semble celui d'un saprophyte.

Sur rachis de palmier à huile, *T. paradoxa* cause une pourriture farineuse, gris noirâtre, et une désorganisation des tissus, mais sa présence est toujours consécutive à une blessure ou à une attaque préalable par d'autres organismes.

*Haplographium manihoticola* VINCENS.

Dans toute la région forestière, sur les feuilles de *Manihot glaziovii*, de *M. utilissima* et de *Jatropha multifida*.

A lui seul, ce parasite provoque des nécroses foliaires brun grisâtre plus ou moins foncé, à limites peu distinctes, vaguement marquées par une étroite ligne d'un brun plus intense. Dans le halo chlorotique qui entoure la macule, les nervures sont plus foncées que naturellement.

Il se développe parfois aussi sur les taches causées par divers *Phyllosticta* et, d'une façon générale, sur tous les limbes dont la vie est ralentie. Il est également présent sur les pétioles nécrosés par *Colletotrichum manihotis* HENN.

*Cladosporium fulvum* CKE (fig. 27 et 28).

Cette Dématiée, extrêmement commune en Côte d'Ivoire sur les feuilles de tomate, peut y devenir très grave car les conditions de température et d'humidité sont, en permanence, favorables à son développement.

Les feuilles sont la localisation principale de la maladie. Les fruits sont rarement atteints et seulement dans le cas d'attaque généralisée.

La face supérieure des feuilles montre des plages chlorotiques, nombreuses, diffuses, auxquelles correspond, à la face inférieure, un revêtement gris-vert à olivâtre constitué par les fructifications du champignon. Ultérieurement, le feuillage entier brunit, sèche et le plant meurt par complète défoliation.

Le mycélium est olivâtre clair, intercellulaire, rameux, de 5 à 7 µ

de large. Les conidiophores, localisés presque uniquement à la face inférieure, sortent par les stomates et portent des conidies oblongues typiquement bicellulaires, d'abord hyalines puis olivâtres ; elles mesurent 12,5-19 × 4,5-7 μ.




Fig. 27. — Feuille de tomate attaquée par *Cladosporium fulvum* Cke.
Fig. 28. — Spores et sporophore de *C. fulvum* Cke.

Le développement de ce champignon étant entravé par l'abaissement de l'humidité, l'espacement des pieds et la taille, qui favorisent la circulation de l'air, diminuent les dégâts.

*Cordana musae* (Zimm.) von Höhn (fig. 29 et 30).

Les feuilles de bananier sont parsemées de taches ovoïdes allongées, particulièrement abondantes sur les marges des limbes où elles tendent à devenir semi-circulaires ; de couleur brun sombre à centre grisâtre, elles sont toujours entourées d'un halo chlorotique jaune d'or.

Les conidiophores, très abondants à la face inférieure, sont noueux, pluriseptés, longs de 100 à 250 µ. Ils portent à leur sommet 1 à 3 conidies bicellulaires, hyalines, ovoïdes, de 13-19 × 6,5-9 µ.

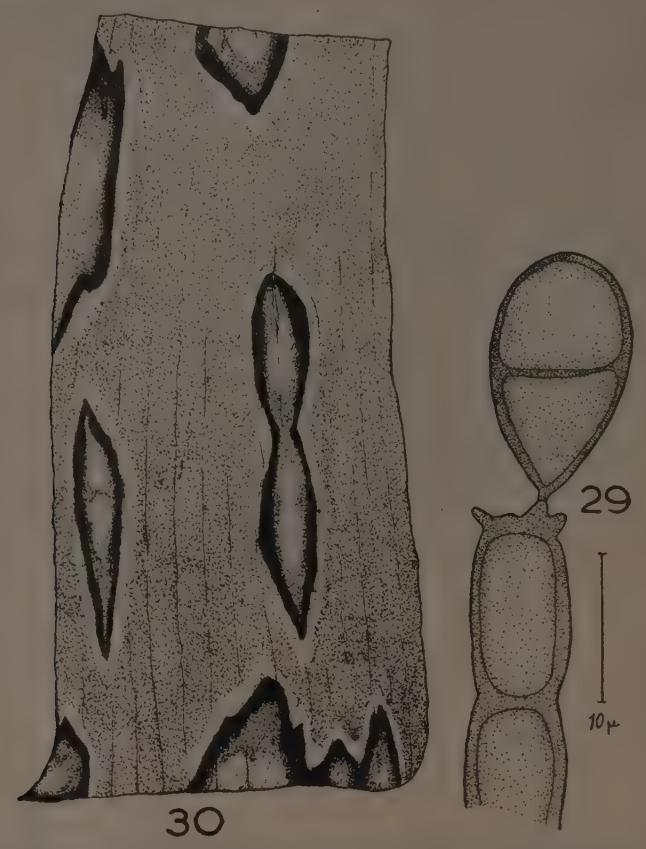



Fig. 29. — Sommet d'un conidiophore de *Cordona musae* (Zimm.) von Hohn.
Fig. 30. — Fragment de feuille de bananier envahie par *Cordana musae* (Zimm.) von Hohn.

*Helminthosporium heveae* Petch.

Il provoque la maladie dite des yeux d'oiseau sur les feuilles d'hévéa.

Cette maladie est surtout fréquente et grave sur les jeunes plantules. Les feuilles montrent des taches rondes, parfois très nombreuses ; d'abord simples points brun-rouge, elles s'élargissent tandis que leur centre s'éclaircit, mais elles restent toujours limitées par une ligne rougeâtre bien nette ; les fructifications se forment au centre des taches sous forme d'un léger duvet noirâtre.

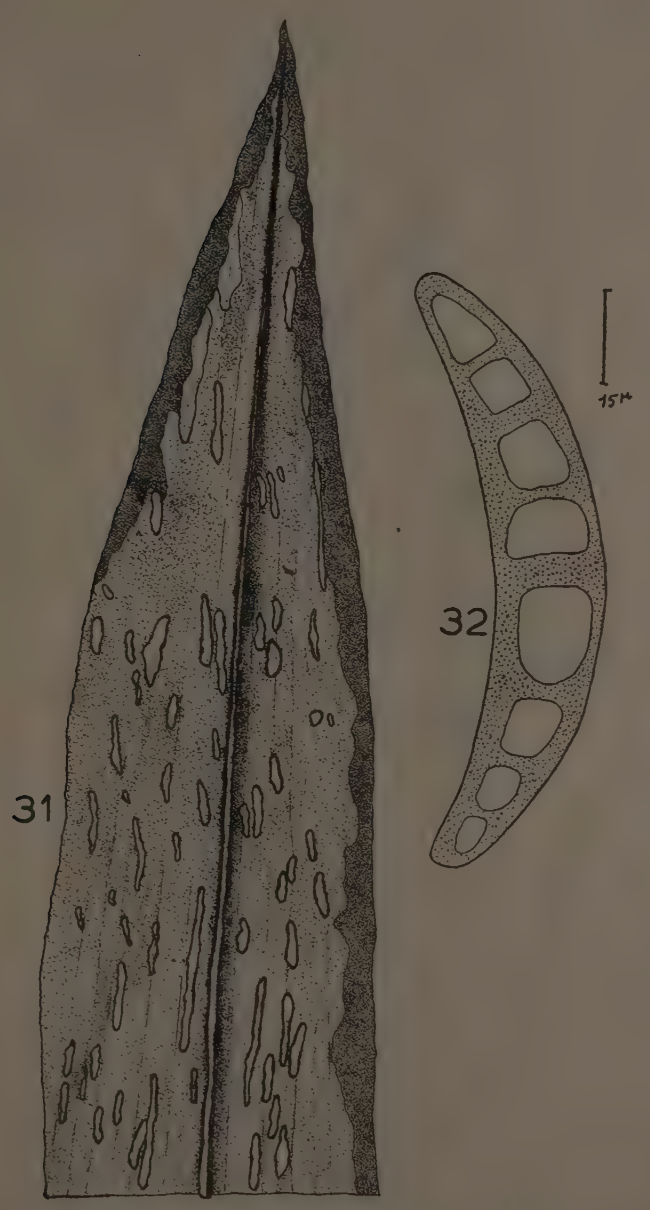



FIG. 31. — Lésions provoquées par *Helminthosporium maydis* NIS. et MIY. sur feuille de maïs.
FIG. 32. — Spore d'*Helminthosporium maydis* NIS. et MIY.

*Helminthosporium maydis* Nis. et Miy. (fig. 31, 32).

L'helminthosporiose du maïs a été, en 1953, la plus grave affection du maïs en Côte d'Ivoire. Les pieds atteints sèchent rapidement et complètement.



Fig. 33. — *Helminthosporium lycopersici* Maub. et Roger sur feuille de tomate.

*Helminthosporium torulosum* (Syd.) Ashby.

Ce champignon, rare en Côte d'Ivoire, attaque les bananes ; il forme, à la surface du fruit encore vert, de nombreuses petites macules arrondies, noires et déprimées.

*Helminthosporium lycopersici* Maub. et Roger (fig. 33).

Cet *Helminthosporium* attaque les feuilles de tomate et provoque, lorsque les conditions lui sont favorables, une fanaison et une défoliation importantes.

L'attaque débute par quelques taches rondes, brun clair, souvent zonées, qui confluent ; la feuille entière brunit, sèche, se recroqueville et casse.

*Helminthosporium carposaprum* POL. (fig. 34).

Il attaque également la tomate mais, du moins en Côte d'Ivoire, c'est un parasite de faiblesse : on l'observe sur les fruits et sur le feuillage où il est le plus souvent associé au *Cladosporium fulvum* : son feutrage noir roux se distingue assez aisément du feutrage vert olive du Cladosporium.

Les conidies d'*H. carposaprum* se différencient des conidies d'*H. lycopersici* par leur petit nombre de cloisons : 2 à 6 au lieu de 7 à 14.

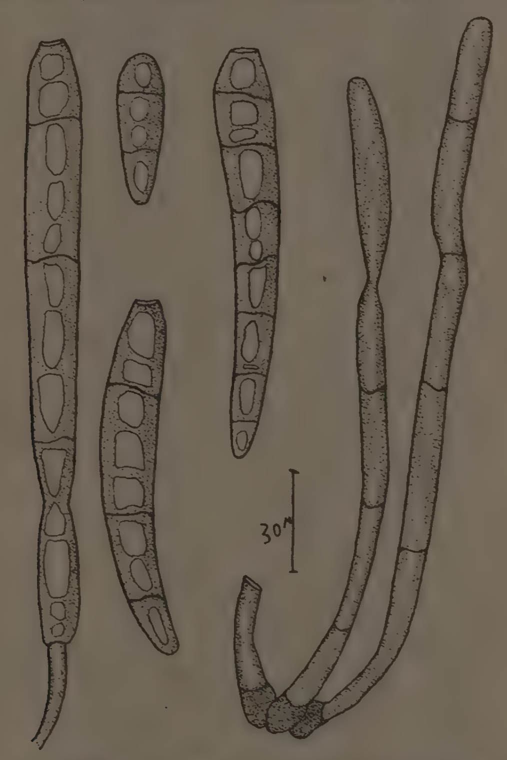



FIG. 34. — Conidiophores et conidies d'*Helminthosporium carposaprum* POL.

*Helminthosporium oryzae* BREDA de HAAN (fig. 35 et 36).

Sur feuilles et grains de riz, dans toutes les rizières.

Sur les feuilles, il cause de très nombreuses taches brun-rougeâtre, parfois confluentes, qui entraînent le dessèchement du limbe ; sur les grains, il enrobe les glumes d'un feutrage épais, noir, constitué par les conidies et les conidiophores.

Ce parasite est responsable d'assez grosses pertes, mais dans l'état actuel de la riziculture en Côte d'Ivoire, il serait vain de chercher à

réduire les dommages ; les méthodes de désinfection des semences par les antiseptiques ou par la chaleur humide, couramment pratiquées avec succès en Asie, ne sont pas encore vulgarisées en Côte d'Ivoire.

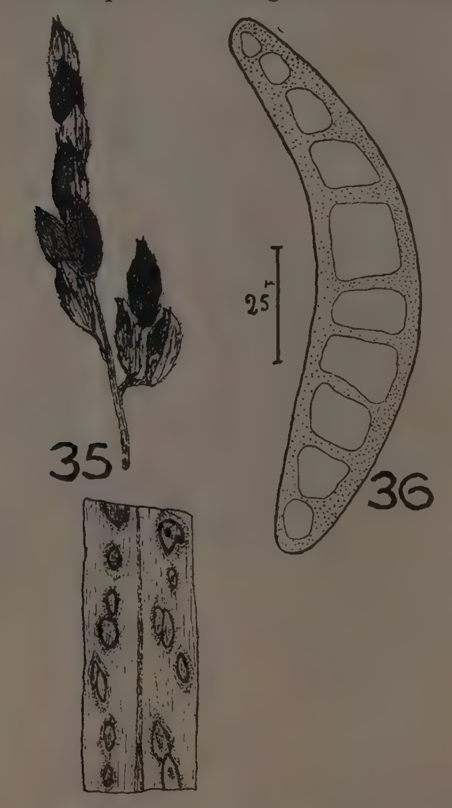



FIG. 35. — Grains et feuille de riz attaqués par *Helminthosporium oryzae* BREDA de HAAN.
FIG. 36. — Spore d'*H. oryzae*.

*Helminthosporium sigmoïdeum* CAV.

Plus rare que le précédent, cet Helminthosporium a été également observé sur les feuilles de riz.

*Alternaria solani* (ELL. et MARTIN) JONES et GROUT.

Ce parasite, très fréquent, provoque, sur les feuilles de tomate, de larges taches brunes zonées concentriquement et sèches. Sur les plants adultes, les dégâts sont peu graves.

*Alternaria gossypina* (THUM.) HOPK.

Ce parasite généralement peu grave des feuilles de cotonnier peut

exceptionnellement entraîner une défoliation importante ; les taches sont arrondies, à partie centrale brun clair entourée de brun-rougeâtre.

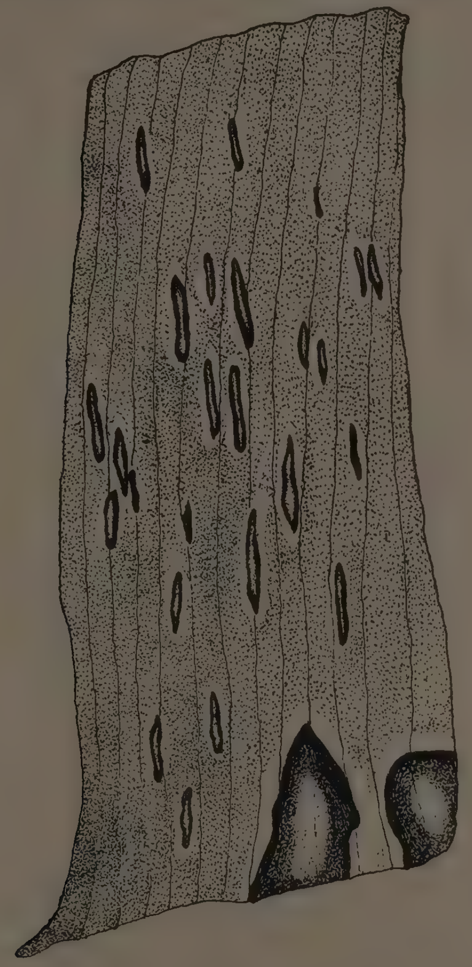


FIG. 37. — Cercosporiose du bananier (*Cercospora musae* ZIMMERMAN).

*Cercospora musae* ZIMM (fig. 37).

*Cercospora musae* est l'agent de la maladie de Sigatoka du bananier, une des plus graves de cette culture ; en Côte d'Ivoire, elle est localisée à un petit nombre de plantations.

L'attaque débute par l'apparition de fines lignes vert sombre, allongées, presque toujours groupées dans une seule moitié du limbe ; ces

taches s'élargissent tandis que leur centre s'éclaircit et vire au grisâtre ; une ligne noire plus ou moins brune les délimite. La feuille atteinte sèche et brunit mais les macules ovoïdes et grisâtres demeurent bien visibles. Les fructifications se forment principalement à la face supérieure et donnent aux taches un aspect poudreux olivâtre.

Les régimes portés par des bananiers atteints de cercosporiose ne mûrissent pas normalement ; leur taille reste petite ; ils sont impropres à l'exportation.

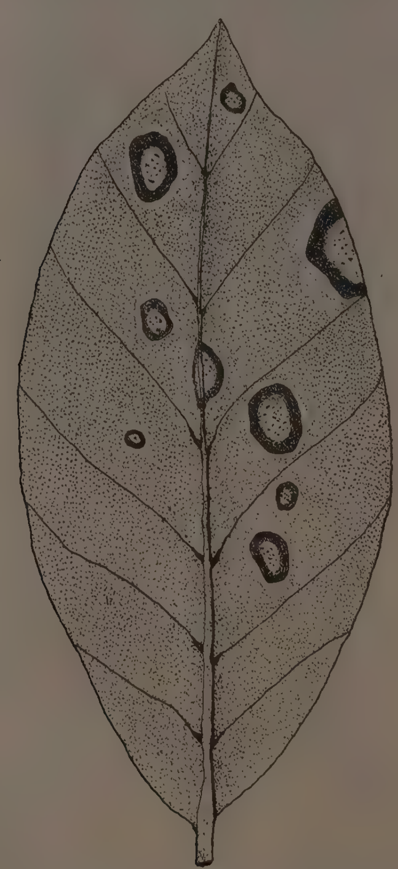


FIG. 38. — Cercosporiose du caféier (*Cercospora coffeicola* BERK. et CKE).

Les conditions culturales ont une grande influence sur l'apparition et la propagation de la maladie ; les traitements à la bouillie bordelaise que les planteurs effectuent périodiquement empêchent le *Cercospora musae* d'avoir une réelle gravité en Côte d'Ivoire.

*Cercospora coffeicola* Berk. et Cke (fig. 38).

Ce champignon est extrêmement commun sur toutes les espèces de caféier où il produit des macules foliaires arrondies, brunes, dont le centre ne tarde pas à s'éclaircir et à se ponctuer de noir à la face supérieure ; un anneau brun se développe constamment à la périphérie de la tache. La maladie des yeux bruns atteint parfois aussi les cerises mais ceci est exceptionnel en Côte d'Ivoire.

L'affection paraît prendre une plus grande importance dans les plantations peu ombragées.

*Cercospora henningsii* Allescher.

Commun sur Manihot utilissima et sur Manihot glaziovii dans l'ensemble du territoire.

Les feuilles présentent des taches isolées ou confluentes, grossièrement circulaires, ou irrégulières au voisinage des fortes nervures qui stoppent leur extension.

Les macules sont, au début, diffuses, humides, d'un vert plus clair que les parties saines du limbe ; les fines nervures incluses dans les taches sont intensément colorées en noir. En même temps que les parenchymes se nécrosent, la macule pâlit, sèche, puis vire à l'ocracé ou au brun clair. Elle devient gris brun ou gris fumé lorsque se développent les fructifications qui sont généralement plus abondantes à la face inférieure. La limite des tissus morts est marquée par une mince ligne brun foncé. Il n'y a pas de halo chlorotique autour des taches.

*Cercospora caribaea* Chupp et Ciferri.

A la différence du précédent, ce parasite n'atteint que le manioc et seulement dans la région forestière.

Il forme des taches plus nombreuses et plus petites, tantôt subcirculaires et tantôt allongées, mais toujours un peu anguleuses, translucides, blanchâtres à la face supérieure, entourées d'un halo privé de chlorophylle mais séparées de lui par une ligne brune diffuse et de largeur irrégulière. La face inférieure est blanchâtre ou teintée de gris vert ou même de vert noirâtre lorsque les conidies sont abondantes.

Le mode de formation en chaîne des conidies a fait rattacher cette espèce au genre Ragnhildiana, mais l'étude expérimentale de l'action du milieu montre que cette caténulation ne dépend que de la composition du milieu de culture. Il n'y a donc pas lieu de maintenir une distinction générique entre les Cercospora vrais et la présente espèce.

*Isariopsis griseola* Saccardo.

La maladie des taches anguleuses du haricot est très fréquente mais

de peu d'importance économique. Les taches, irrégulières, rouges ou brunes à la face supérieure et plus pâles au revers, sont surtout abondantes sur les feuilles basses.

*Fusarium lycopersici* BRUSHI.

Ce champignon est l'agent d'une flétrissure grave de la tomate et du piment.

Le feuillage jaunit et pend le long de la tige, la fanaison progressant de bas en haut. Mais l'éclaircissement des plus fines nervures des limbes est visible bien avant le jaunissement.

Expérimentalement, la désinfection des semences et la destruction des fanes après la récolte ont été des moyens de lutte satisfaisants.

*Fusarium equiseti* (CDA) SACC. var. *bullatum* (SHERB.) WR.

Sur *Manihot utilissima*, Cosrou, 1949.

Le pouvoir pathogène de ce champignon paraît très réduit. Il n'a été isolé qu'une fois, à partir de sommités préalablement attaquées par Colletotrichum manihotis HENNINGS.

*Fusarium semitectum* BERK. var. *Majus* WR.

Pendant le mois de mai 1949, la variété de piment à fruits allongés cultivées en Basse Côte d'Ivoire a souffert de l'irrégularité passagère des chutes de pluies précédant l'établissement de la saison humide proprement dite. Ce trouble passager a favorisé le développement, sur les fleurs et les jeunes fruits, de cette fusariose qui a entraîné des dégâts irrémédiables. Les façons culturales devraient permettre, à l'avenir, de prévenir des dommages localement considérables.

Les premiers symptômes consistent en une nécrose des pièces florales. Habituellement, c'est sur l'androcée que porte la première attaque ; elle gagne ensuite d'une part le gynécée et d'autre part la corolle. Le calice n'est jamais attaqué le premier et sa destruction, toujours très tardive, est rarement totale. Si la fleur est envahie précocement, le fruit ne se forme pas. S'il est déjà formé lorsque l'affection se développe, il demeure petit et anormalement trapu. Très rapidement, des taches déprimées, d'un vert plus sombre que les tissus sains voisins, apparaissent à son extrémité apicale ; partant de ces taches, la pourriture gagne le fruit entier.

Toutes les parties atteintes se couvrent en quelques heures d'un revêtement mycelien floconneux, rosâtre ou blanchâtre, porteur de très nombreuses spores de Fusarium semitectum variété majus.

*Fusarium javanicum* KORDERS, *Fusarium solani* (MART.) APP. et WR. var. *minus* WR. et *Fusarium solani* (MART.) APP. et WR. var. *eumartii* WR. (fig. 39, 40 et 41).

Ces trois espèces sont des agents très communs en Côte d'Ivoire de la pourriture des organes souterrains, les cas observés étant toutefois plus fréquents en forêt qu'en savane.

Les formes parfaites des deux derniers champignons cités ont été quelquefois recueillies sur des débris tombés à terre. Ce sont respectivement *Hypomyces haematococcus* (BERK et BR.) WR. et sa variété *breviconus* WR. (fig. 42, 43 et fig. 44 à 48).

Ces trois cryptogames sont des hôtes normaux du sol de toutes les plantations de manioc. Les pourritures qu'ils provoquent possèdent en commun la plupart de leurs caractères, les différences n'apparaissant que dans la vitesse de propagation du parasite à l'intérieur de son hôte et dans la coloration des tissus lésés.

Les trois pourritures sont du type sec : les racines envahies ont un aspect extérieur presque normal, mais elles sont réduites en volume, desséchées, et plus ou moins fibreuses ou cassantes lorsque les parasites ont achevé leur action.

Les trois *Fusarium* sont également incapables de pénétrer par effraction une racine dont les tissus protecteurs sont intacts. Toutes les tentatives d'infection effectuées au laboratoire sur des racines récoltées dont le suber ne présente pas de solution de continuité et dont les extrémités coupées ont été paraffinées ont échoué.

Une lésion intéressant toute l'épaisseur du suber est indispensable. Aussi les racines atteintes de fusariose lors de la récolte sont-elles en nombre très réduit en comparaison de celles qui pourrissent après l'arrachage.

Sur les chancres des tiges adultes de Crotalaria striata, on rencontre constamment *Fusarium javanicum* KORD. et sa forme parfaite *Hypomyces ipomoeae* (HALS.) WR. Ils sont souvent accompagnés par *Corticium rolfsii* sous sa forme Sclerotium.

Sur les cabosses de cacaoyer, ce même *Fusarium* produit un enduit poudreux blanc rosé. Il y est surtout parasite de blessure. Son apparition est consécutive à des piqûres d'insectes. Les dégâts peuvent être appréciables.

Sur aubergine et tomate, *F. solani* variété *eumartii* et *H. haematococcus* provoquent une fletrissure mortelle.

*Sphacelia sp.*

Cette espèce, parasite de *Pennisetum typhoides*, envahit les ovaires jeunes dont elle remplace les tissus par une prolifération d'hyphes lâches. A l'intérieur de ce faux tissu se différencient les conidiophores portés

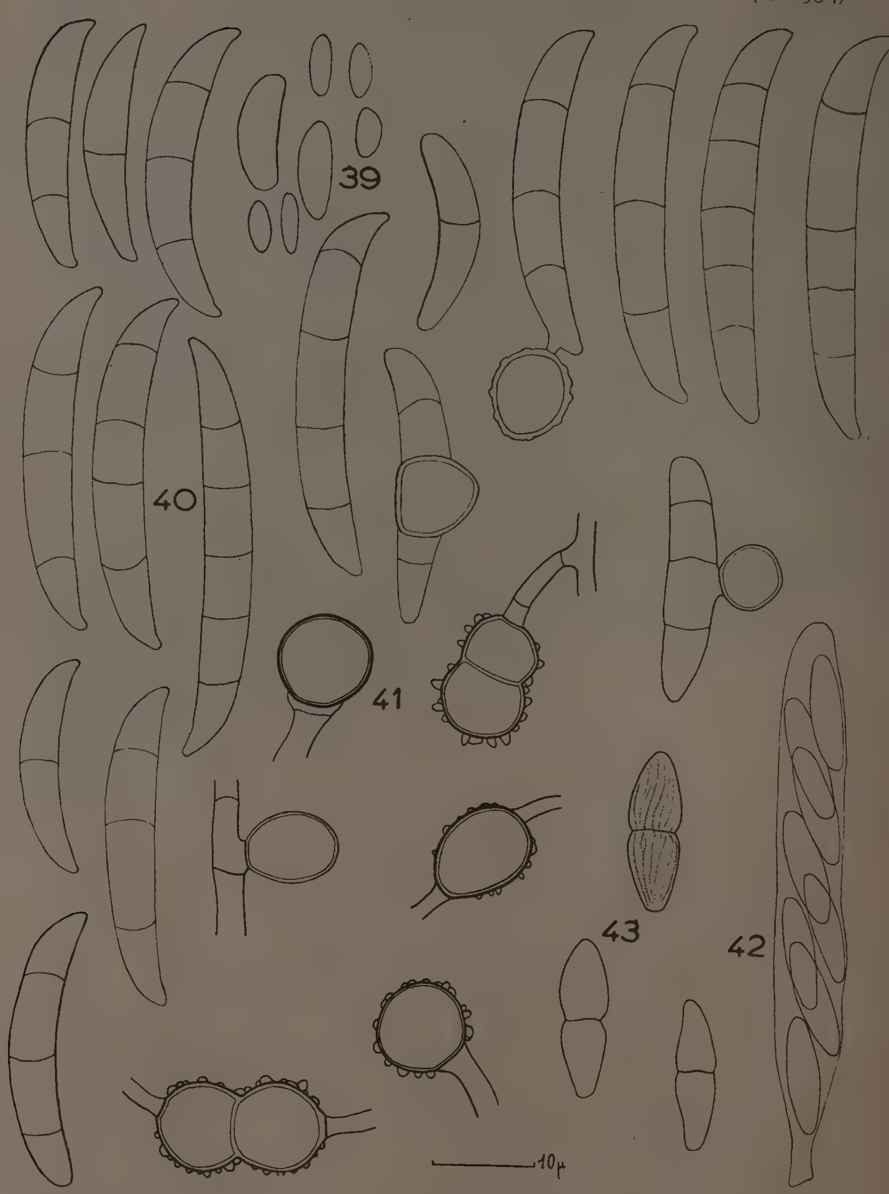



Fig. 39. — *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr variété *eumartii* Wr, microconidies.
Fig. 40. — Macroconidies.
Fig. 41. — Chlamydospores.
Fig. 42. — *Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) variété *breviconus* Wr, asque.
Fig. 43. — Ascospores.

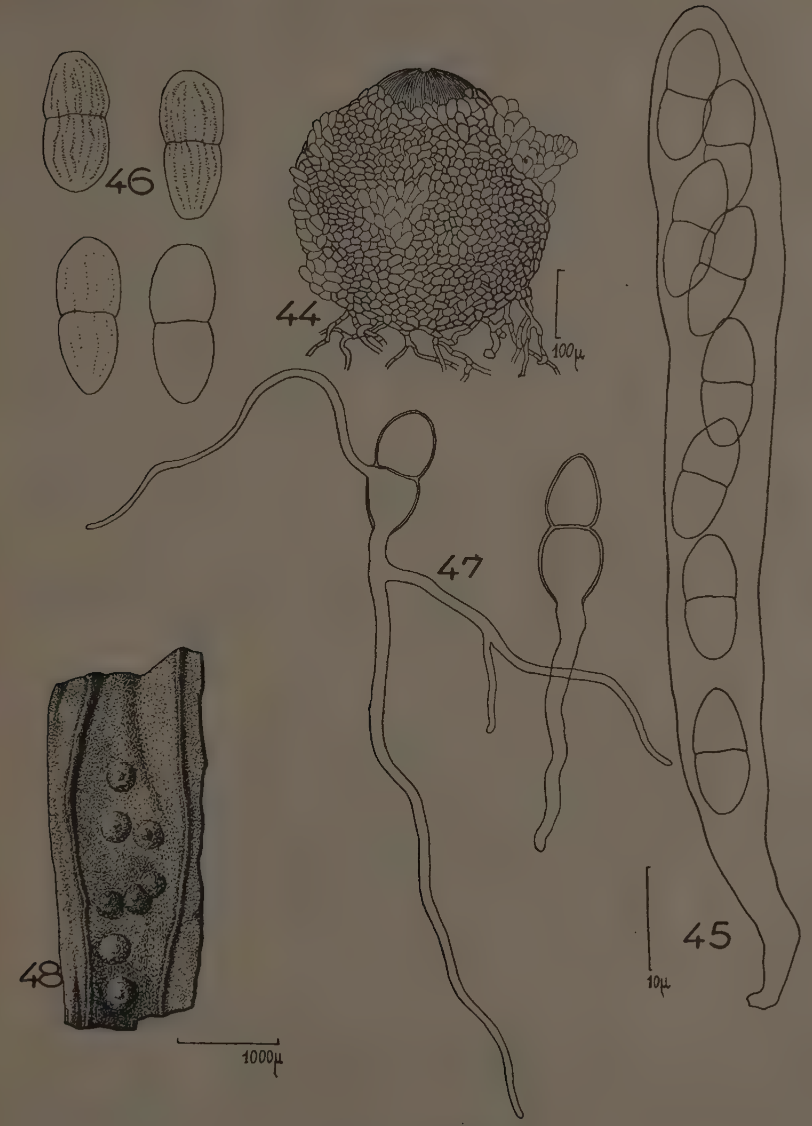



Fig. 44. — *Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) Wr périthèce.
Fig. 45. — Asques.
Fig. 46. — Ascospores.
Fig. 47. — Ascospores germant.
Fig. 48. — Fragment de tige de manioc portant les périthèces d'H. *haematococcus*

par de longues bandes mycéliennes sinueuses produisant une grande quantité de conidies qui sortent à l'extérieur mêlées à un exsudat mielleux qui peut être très abondant et recouvrir la moitié ou les 3/4 même d'un épi.

Il se forme parfois des sclérotes (stade ergot), noirs, allongés, bosselés, de 6-8 × 2-3 mm. Chaque sclérote occupe la place d'un ovaire.

*Cerebella volkensii* (Henn.) Mund.

Cette curieuse Dématiée parasite *Sphacelia sp.* et se substitue à lui à l'intérieur des ovaires de *Pennisetum typhoides*. Entre les glumelles apparaît un stroma noir, compact, de 3-4, 5 mm de haut sur 1,5 -3 mm de large orné de plis cérébriformes profondément marqués. Les sporophores, très courts, couvrent tout le stroma et produisent à leur extrémité des spores pluricellulaires (de 3 à 12 cellules), irrégulièrement ovales, brunes, à paroi ornée de petites squamules. Ces spores mesurent 16-26 × 13-17 μ.

Cette espèce en inhibant l'apparition du stade ergot qui représente la forme de perennance du *Sphacelia* pourrait jouer un rôle dans le contrôle de cette maladie. La rareté de cet hyper-parasite doit toutefois rendre ce rôle discret si même il est effectif.

Notons que *C. volkensii* semble très voisin sinon identique à *C. andropogonis*, espèce commune sur *Panicum maximum* en Basse Côte d'Ivoire.

## RÉSUMÉ

La première partie de ce mémoire est une liste énumérant 198 espèces de champignons parasites pouvant vivre sur 51 espèces de plantes cultivées en Côte d'Ivoire : 145 sont nouveaux pour ce territoire.

La seconde partie comprend 101 monographies (illustrées de nombreux dessins) d'espèces critiques ou présentant un intérêt particulier.

*Reçu pour publication le 25 février 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

Berthault (P.). — Une maladie du cacaoyer due à *Lasiodiplodia theobromae*. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, XXIX, p. 359, 1913.

Chevaugeon (J.). — Maladies cryptogamiques du manioc en Côte d'Ivoire. *Revue Path. Vég. Ent. Agric. Fr.*, XXIX, 1-2, 3-8, 1950.

Chevaugeon (J.). — Une fusariose du piment en Côte d'Ivoire. *Rev. de Myc. Suppl. col.*, XVI, 1, 81-86, 1951.

Chevaugeon (J.). — *Cercospora personata* (B. et C.) Ellis. *Rev. Myc.*, add. *Suppl. col.*, 1-12-1951.

Chevaugeon (J.). — Principes de lutte contre les pourridiés du Palmier à huile. *Oléagineux*, VII, 1, 25-27, 1952.

Chevaugeon (J.). — *Ophiobolus oryzinus* Sacc. *Rev. Myc.*, add. *Suppl. col.*, 1-12-1952.

CHEVAUGEON (J.). — Maladies des plantes cultivées en deux régions d'A. O. F. *Rev. Path. Vég. Ent. Agric. Fr.*, XXXI, 1, 1-51, 1952.
HEIM (R.). — La Carbunculariose du Caféier. *Rev. Myc., Suppl. col.*, XV, 2, 89-98, 1950.
HUSSON (R.) et CHEVAUGEON (J.). — *Colletotrichum nigrum* ELL. et HALS. *Rev. Myc.*, add. *Suppl. col.* 1-12-1950.
JACQUES-FELIX (H.). — Première action contre la trachéomycose du caféier en Côte d'Ivoire. Une brochure, 12 pp., Paris. 1950.
LECHMÈRE (E. A.). — Description de quelques moisissures nouvelles provenant de la Côte d'Ivoire. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, XXIX, p. 303, 1911.
LUC (M.). — Champignons nouveaux du Colatier en Côte d'Ivoire. *Rev. Myc., Suppl. col.*, XVI, 107-123, 1951.
LUC (M.). — Présence de *Puccinia polysora* sur le maïs en Côte d'Ivoire. *Rev. Bot. appl. et Agric. trop.*, XXXII, 194-195, 1952.
LUC (M.). — Champignons graminicoles de Côte d'Ivoire. I-Pyrénomycètes. *Rev. Myc.*, XVIII, *Suppl. col.* n° 1, 1-37, 1953.
LUC (M.). — *Leptosphaeria sacchari Bred.* DE HAAN. *Rev. Myc.* XVIII, *Suppl. col.* n° 2, Fiche de Phyto. Trop. n° 10, 4 p.
LUC (M.). — Sur trois Champignons du Palmier à Huile en Côte d'Ivoire. *Rev. Myc.*, XVIII, *Suppl. col.* n° 2 (sous presse).
MALLAMAIRE (A.). — Sur une maladie du caféier à la Côte d'Ivoire. *Agronom. col.*, XXI, 174, 193-197, 1932.
MALLAMAIRE (A.). — Contribution à l'étude des maladies du caféier en Côte d'Ivoire. Une maladie des racines : le folletage parasitaire. *Bull. Comité d'Etudes historiques et scientifiques A. O. F.*, XVI, 1, 1933.
MALLAMAIRE (A.). — L'année phytopathologique en Côte d'Ivoire. *Agronom. col.*, XXIII, 202, p. 114-119, 1934.
MALLAMAIRE (A.). — Sur quelques pourridiés en Côte d'Ivoire. *Rev. Bot. appl. et Agr. trop.*, XV, 168, 603-608, 1935.
MALLAMAIRE (A.). — Maladies, plantes parasites et plantes infestantes des riz cultivés en Afrique Occidentale. *Agron. trop.*, IV, 1-2, 77-80, 1949.
MALLAMAIRE (A.). — Les pourridiés du caféier en Afrique Occidentale. *Agron. trop.*, IV, 9-10, 508-512, 1949.
MEIFFREN (M.). — La maladie du maïs au Dahomey. *Bull. Centre Rech. Agron. Bingerville*, n° 1, 24-31, 1950.
MOREAU (Cl.) et MOREAU (M.). — Une trachéomycose du Caféier en Côte d'Ivoire. *C. R. Acad. Sci.*, CCXXXI, 1554-1556, 1950.
MOREAU (Cl.) et MOREAU (M.). — Pyrénomycètes du Caféier en Côte d'Ivoire. *Rev. Myc., Suppl. col.*, XVI, 1, 12-80, 1951.
RENAUD (R.). — Observations sur les pourritures des cabosses de cacaoyer. *Bull. Centre Rech. Agron. Bingerville*, n° 7, 3-19, 1953.
RENAUD (R.). — Les moisissures du Cacao marchand. *Bull. Centre Rech. Agron. Bingerville*, n° 7, 345-64, 1953.
ROGER (L.). — Quelques champignons exotiques nouveaux ou peu connus. I. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, L, 3-4, 317-332, 1934. II. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, LIII, 1, 80-84, 1936.
ROGER (L.) et MALLAMAIRE (A.). — Notes de Phytopathologie Africaine. *Ann. Agric. Afr. Occ.*, 2, 187-206, 1937.
VIENNOT-BOURGIN (G.) et GRIMALDI (J.). — Les *Cercospora* parasites des feuilles de Manioc. *Rev. Int. Bot. appl. et Agric. trop.*, XXX, 329-330, 138-146, 1950.
X. — La trachéomycose du Caféier en Côte d'Ivoire. *Agron. Trop.*, V, 11-12, p. 646, 1950.
X. — Phytopathologie. Courrier des Chercheurs O. R. S. O. M., III, 38-51, 1950.

---

# RECHERCHES SUR LES MALADIES A VIRUS DU DAHLIA

## (avec quelques observations sur l'importance des phénomènes d'oxydation chez les plantes virosées).

PAR

**C. MARTIN**

Station Centrale de Pathologie végétale, Versailles.

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

Les travaux sur les maladies à virus du Dahlia à la Station Centrale de Pathologie Végétale ont débuté en 1949 ; ils ont abouti en 1950 à l'isolement du virus de « la Mosaïque du Dahlia », à l'obtention de l'antisérum spécifique de ce virus et à la mise au point du diagnostic sérologique de cette maladie (1, 3, 4).

Nous allons revenir sur ces résultats et les résumer ; nous voudrions d'autre part exposer ici l'essentiel de ce qui a été fait depuis cette époque dans les laboratoires de la Recherche Agronomique. Nous diviserons donc cet exposé en deux parties :

A) Diagnostic des maladies à virus chez le Dahlia ;

B) Essais de lutte contre les dites maladies.

## A. DIAGNOSTIC DES MALADIES A VIRUS CHEZ LE DAHLIA

En 1949, à l'origine de ces travaux, nous voulions isoler les virus et mettre au point un diagnostic sérologique. Trois virus sont hébergés par le Dahlia :

— le virus de la Mosaïque du Dahlia ;
— le virus de la Mosaïque du Concombre ;
— le virus du Spotted-Wilt.

Aucun de ces virus n'avait été isolé à l'époque et leurs propriétés sérologiques n'étaient pas connues. Voici le résumé des principaux résultats obtenus sur le virus de la Mosaïque du Dahlia.

### 1° Isolement du virus de la Mosaïque du Dahlia et obtention de son anti-sérum

Ce virus n'avait jamais été isolé avant 1950. BAWDEN et KLECKOWSKI en 1945 faisaient remarquer que les tannins rencontrés au cours d'une tentative d'isolement, et puissants agents de dénaturation des protéines, pouvaient être la cause de certains échecs. Mais il est évident que cette présence de tannins n'était pas la seule cause de l'impossibilité dans laquelle on se trouvait d'isoler la protéine-virus des jus de Dahlias infectés ; en effet. la présence de tannins chez le Dahlia, si elle n'est pas douteuse, n'est pas considérable : la majeure partie des substances responsables du brunissement des jus provenant de plantes malades, en particulier, semble être constituée de composés phénoliques simples. De plus il est remarquable que les jus issus de plantes malades brunissent beaucoup plus rapidement et d'une manière beaucoup plus intense que ceux des plantes saines. Ce phénomène n'est d'ailleurs pas particulier au Dahlia : c'est ainsi qu'au cours de l'isolement des virus X et Y de la Pomme de terre on observe une abondante précipitation de protéines qui gène considérablement le diagnostic sérologique. L'addition de cyanure de potassium, inhibiteur des principaux enzymes responsables d'oxydation ou d'une trace de bisulfite, réducteur puissant, permet l'élimination de « ces floculations dites non spécifiques ». D'autre part ,l'extraction des virus X et Y de la Pomme de terre à partir de Tabac conduit à des résultats nettement supérieurs lorsque cette extraction, réalisée dans le but de préparer des immunsérums spécifiques, est faite en présence d'inhibiteurs d'oxydation (5).

Voici à titre d'exemple, les dilutions-limites comparées de deux sérums anti-Y préparés le premier sans cyanure de potassium, le second en présence d'une concentration de cyanure de potassium égale à 2 p. 1.000 :

| | 1 | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 | 1/64 | 1/128 | 1/256 | 1/512 | 1/1024 | 1/2098 | 1/4096 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sérum 1 sans KCN...... | +++ | +++ | ++ | ++ | + | + | ε | ? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sérum 2 avec KCN...... | ++++ | ++++ | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | + | + | + | ε | ? | 0 |

D'autres manipulations nous ont permis de préciser l'action de ces phénomènes d'oxydation. En effet, nous avons extrait le virus de jus de Tabac infectés par le virus Y, d'une part en présence de cyanure de potassium, d'autre part sans précautions spéciales contre les oxydations. Nous avons comparé la teneur en virus de ces jus grâce à leur dilution-limite en présence de l'antisérum spécifique. Alors que les premiers jus extraits en présence de cyanure supportaient une dilution de 1/64, les seconds ne donnaient plus de réaction antigène-anticorps pour une dilution supérieure au 1/16e.

Nous avons tenté d'autre part de reproduire ces phénomènes en les simplifiant. Pour celà, une préparation de tyrosinase fut réalisée à partir de *Psalliota campestris* suivant la technique de KEILIN. Nous avons fait agir cette préparation en présence de catéchol à 0,5 p. 100 sur des solutions purifiées de virus X et Y de la Pomme de terre et sur des préparations également purifiées du virus de la Mosaïque du Dahlia. Après 15 minutes d'incubation et une centrifugation afin d'éliminer le précipité la présence du virus était mise en évidence par la méthode sérologique.

Voici les résultats :

| Virus + catéchol + enzyme | Virus + $H_2O$ + enzyme | Virus + catéc. + $H_2O$ | Virus + $H_2O$ + $H_2O$ | $H_2O$ + catéc. + enzyme | $H_2O \neq H_2O$ + enzyme |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | ++++ | ++++ | ++++ | 0 | 0 |

Signalons d'autre part que les jus de Fraisiers perdent une grande partie de leur pouvoir précipitant à l'égard des protéines du sérum de Lapin, lorsque les extractions sont faites en milieu réducteur et en attachant un soin particulier au blocage des oxydations. Nous avons pu, grâce à ces précautions particulières, extraire des protéines à partir des jus de Fraisiers. Mais ce problème particulièrement complexe, n'a pas été étudié en détail.

Quoiqu'il en soit, ces différents résultats montrent que les systèmes responsables d'oxydation présents dans les jus bruts de plantes, jouent un grand rôle dans la dénaturation de certains protéines et de certains virus ; ces systèmes peuvent agir de deux façons différentes :

— soit que les produits d'oxydation des phénols se combinent d'une façon irréversible, dans les conditions d'extraction, avec certains groupes actifs de ces protéines.

— soit que les protéines entrent dans un système d'oxydations couplées avec les phénols.

Toutes ces observations ont pu être vérifiées chez le Dahlia.

Chez cette plante en effet, le seul fait de ne pas inhiber complètement les phénomènes d'oxydation au cours de l'extraction empêche l'isolement du virus (6). Dans ces conditions nous avons tenté de réaliser cet isolement en attachant un soin particulier au blocage des oxydations. Le broyage des tissus était réalisé au sein d'une solution renfermant 2,5 à 3 p. 1.000 de bisulfite de sodium et 1 à 3 pour 1 000 de cyanure de potassium. La séparation de la protéine-virus avait lieu par relargage au sulfate d'ammonium à raison de 300 g par litre. Nous ne décrirons pas de nouveau la suite des opérations conduisant à une purification plus poussée : il suffit de se reporter aux publications précédentes et déjà citées. Mais nous tenons à signaler quelques essais de séparations plus poussées que nous avons tenté au cours de ces dernières années. Il s'agit d'une application de la méthode des relargages fractionnés. Il est en effet nécessaire, au cours de la préparation de l'antigène d'isoler la protéine virus à un degré de pureté assez poussé, car l'inoculation de jus bruts aux animaux aboutit à la formation d'anti-sérum peu spécifiques, qu'il faut ensuite débarrasser des anticorps produits par les protéines normales de la plante. Cette opération, réalisée à l'aide de jus de plantes saines, amène une réduction considérable des anticorps-anti-virus et altère la stabilité des sérums.

Nous avons suivi la présence du virus de deux façons :

— d'une part par ses relations sérologiques avec les sérums déjà obtenus et épuisés en anticorps-anti-protéines normales ;

— d'autre part grâce à la propriété spéciale à toutes les nucléoprotéines d'absorber dans l'ultra-violet. Nous reproduisons ci-contre quelques courbes obtenues grâce à cette technique (fig. 1).

Voici résumé le protocole des opérations :

1° On part de 100 ml d'une solution concentrée par la méthode décrite. On opère un premier relargage par un volume de solution saturée de sulfate d'ammonium égal au quart du volume initial, soit 25 ml ; le culot obtenu après centrifugation et remis en solution donne un liquide brun manifestant de fortes propriétés antigéniques à l'égard des sérums non épuisés et une très faible réaction avec les sérums épuisés.

2° Un deuxième relargage est effectué sur la liqueur surnageante par 25 ml de la solution saturée de sulfate d'ammonium. Le culot obtenu, remis en solution, donne une préparation très claire, riche en protéine-virus.

3° Un troisième relargage sur le liquide surnageant par 25 ml de solu-

tion saturée de sulfate d'ammonium conduit, après centrifugation et remise en solution du culot, à une préparation sensiblement analogue à la précédente quoique légèrement moins antigénique.

4° Un quatrième relargage toujours sur la liqueur surnageante et par 25 ml de la solution de sulfate d'ammonium, donne un précipité peu abondant et le liquide obtenu par remise en solution du culot ne présente aucune propriété antigénique.

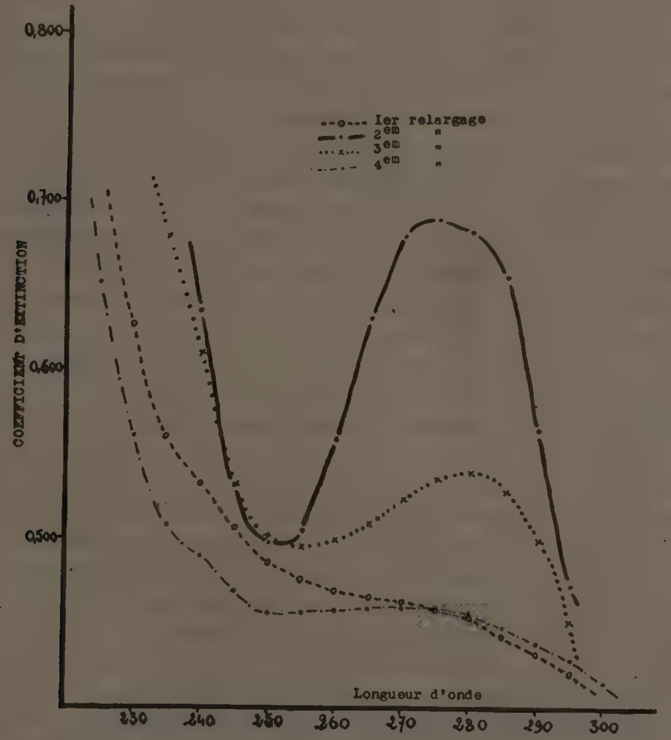



Fig. 1. — Absorption dans l'ultra-violet du virus de la Mosaïque du Dahlia

5° Enfin, un cinquième et dernier relargage par le même volume de solution saturée de $SO_2(NH_4)_2$ (25 ml) conduit à un culot encore plus faible et sans propriété antigénique.

Cette technique nous permit d'obtenir des sérums beaucoup plus puissants et le diagnostic sérologique de cette maladie en fut rendu plus aisé ; nous savons déjà comment réaliser ce diagnostic : le voici rapidement décrit :

1. — Prélever sur une bouture deux ou trois feuilles au voisinage du sommet.

2. — Les broyer après trempage dans une solution de bisulfite à 2 p. 1 000 et de cyanure de potassium à 3 p. 1 000.

3. — Recueillir le liquide dans un tube de centrifugeuse et centrifuger jusqu'à clarification.

4. — Mélanger sur une lame porte-objet de microscope une goutte de ce jus avec une goutte de l'immunsérum. Disposer un témoin obtenu en mélangeant un jus de plante saine à l'immunsérum.

5. — Observer au microscope à fond noir avec l'objectif n° 3 de Stiassnie après une incubation de 20 minutes au moins.

Malheureusement, ce diagnostic est long et particulièrement délicat chez le Dahlia, le taux en anticorps des sérums restant relativement faible et par suite les floculations peu abondantes.

Aussi avons-nous recherché une autre méthode de détection. Nous avons déjà signalé que notre attention avait été attirée, au cours des broyages nombreux que nous avons été amené à faire, par le fait que les jus provenant des plantes malades brûnissaient beaucoup plus rapidement et beaucoup plus intensément que les jus issus de plantes saines. C'est cette observation qui nous permit de mettre au point le diagnostic dont il est question dans le chapitre suivant.

### 2° Sur un test biochimique de diagnostic des maladies à virus chez le Dahlia

Lorsque l'on compare deux plantes élevées dans les mêmes conditions de température, de lumière, de sol, etc... mais dont l'une est « saine » tandis que l'autre « héberge un virus » on est frappé par le bouleversement du métabolisme dont est responsable cette protéine infectieuse et sa multiplication : le métabolisme de la chlorophylle, celui des glucides, des pigments, des protéines normales, etc... est profondément modifié. La physiologie d'une plante malade est par conséquent très différente de celle d'une plante saine et une grande partie de l'activité enzymatique est modifiée.

Les travaux dans ce domaine sont peu nombreux jusqu'à présent ou tout au moins très imprécis. Le développement de la chromatographie a déjà apporté quelques précisions et permettra sans nul doute d'éclaircir de nombreux points.

Nous avons personnellement orienté nos recherches, à l'origine, vers une comparaison des activités enzymatiques. Nous les complétons actuellement par des études comparatives de composition des jus extraits de plantes saines et de plantes malades.

Les principaux systèmes étudiés furent :

— la cytochrome-oxydase ;

— la peroxydase ;

— la tyrosinase.

L'acide ascorbique oxydase a fait également l'objet de quelques études que nous ne relaterons pas ici.

### *a*) Activité de la cytochrome-oxydase

Cette étude, bien qu'incomplète chez le Dahlia, est cependant intéressante à signaler.

Voici quelle était la technique employée :

— 50 g de feuilles dites « adultes » étaient broyées au mortier en présence de sable et de 50 cc de tampon phosphate disodique, monopotassique 0,1 M — pH 7,1 et 0,4 M, saccharose.

Le broyat filtré à travers une étamine, subissait une centrifugation sous une accélération de 1 000 g pendant 20 minutes. Le surnageant, décanté, était de nouveau centrifugé sous une accélération de 16 000 g pendant 30 minutes. Le surnageant était alors éliminé et le culot lavé deux fois par 25 ml de la solution tampon sus-citée et récolté par centrifugation. Après ces deux lavages, nécessaires pour éliminer tous les enzymes solubles et en particulier la tyrosinase, le culot était repris par 5 ml de la solution tampon. Toutes ces opérations étaient réalisées à une température inférieure à 4°C.

Les activités enzymatiques étaient mesurées, grâce à l'appareil de Warburg, en mettant en présence 0,5 ml de la préparation , 0,7 ml d'une solution de cytochrome C (fraîchement préparée à partir de cœur de bœuf) litrant 1,4 — $10^{-7}$ M/ml et 0,3 ml d'hydroquinone (7 mg par ml). Deux témoins permettaient d'éviter toute erreur : d'une part, un témoin où l'hydroquinone était remplacé par du tampon, d'autre part un témoin où a préparation enzymatique avait subi une ébullition de 5 minutes.

Nous pensons pouvoir affirmer après ces essais que l'activité de la cytochrome-oxydase chez les plantes malades est doublée par rapport à celle des plantes saines.

L'ensemble des résultats sera discuté après leur exposé.

### *b*) Activité de la peroxydase

Dans un erlenmeyer de 100 ml on place :

— 2 ml d'une solution de pyrogallol à 5 p. 100 fraîchement préparée ;

— 2 ml d'une solution tampon phosphate-disodique, phosphate monopotassique 0,5 M, pH 6. ;

— 15 ml d'eau distillée ;

— 1 ml de la préparation enzymatique (1 g de feuilles de Dahlia étaient broyées en présence de 10 $cm^3$ de la solution tampon).

Au temps O, on ajoute 1, ml de peroxyde d'hydrogène à 1 p. 100.

On laisse agir pendant 5 minutes en agitant, et on arrête la réaction après 5 minutes en ajoutant 5 ml de $SO_4H_2$ 2 N.

Le pyrogallol oxydé en purpurogalline est extrait par 50 ml d'éther. On mesure ensuite l'absorption de la solution éthérée au photocolorimètre de Beckmann à = 500 μ. Les résultats sont traduits dans le schéma ci-dessus :

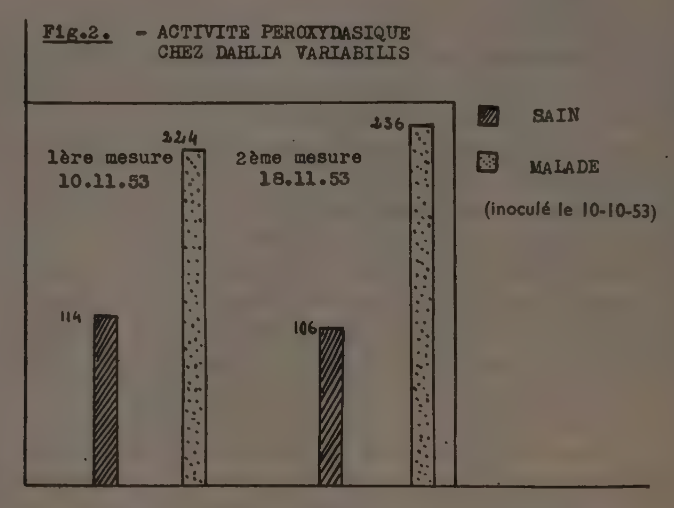



FIG. 2. — Activité peroxydasique chez Dahlia variabilis.

### c) Activité de la tyrosinase

Voici la méthode employée :

5 g de feuilles ou de tubercules étaient broyés dans 5 ml d'une solution tampon phosphate disodique-monopotassique 0,067 M, pH7 et le broyat était filtré à travers une étamine.

Les activités enzymatiques étaient mesurées à l'appareil de Warburg, chaque fiole renfermait :

1 ml de la préparation enzymatique ;

— 1/2 ml de gélatine ;

— 1/2 ml de pyrocatéchol (solution à 4 mg/ml).

Dans les fioles témoins le pyrocatéchol était remplacé par de la solution tampon.

Nous tenons à reproduire, d'une part sous forme de tableau et d'autre part sous forme de graphique (fig. 3 et 4) l'ensemble de nos résultats.

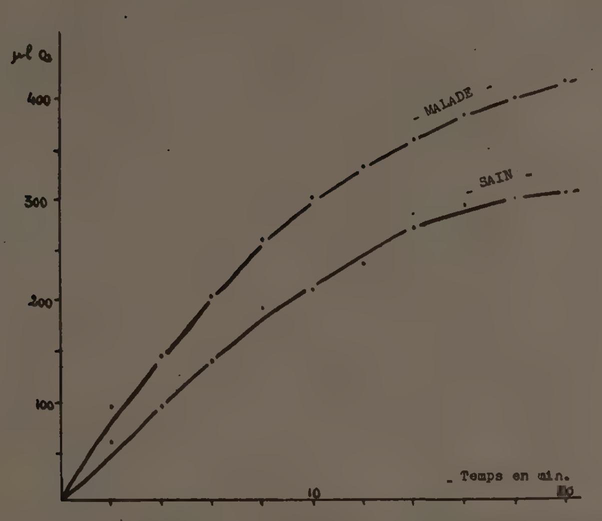



FIG. 3. — Activité de la tyrosinase chez *Dahlia variabilis* (feuilles).

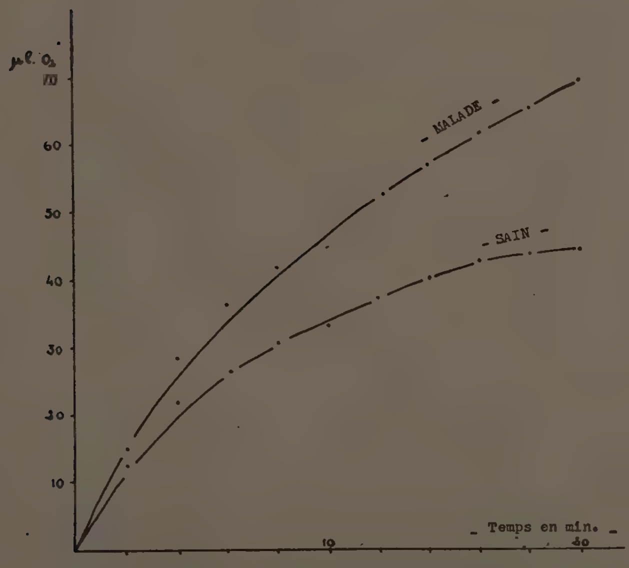



FIG. 4. — Activité de la tyrosinase chez *Dahlia variabilis* (tubercules).

TABLEAU I

| Temps en minutes | Dahlia malade avec substrat. | | Dahlia sain avec substrat. | | Dahlia sain sans substrat. | | | Dahlia malade sans substrat. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | exp. 1 | exp. 2 | exp. 1 | exp. 2 | exp. 1 | exp. 2 | exp. 3 | exp. 1 | exp. 2 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 93,63 | 42,00 | 65,9 | 32,40 | 1,78 | 0 | 0 | 8,33 | 7,42 |
| 4 | 143,22 | 84,00 | 98,0 | 69,12 | 1,98 | 0 | 0 | 17,52 | 14,84 |
| 6 | 206,56 | 125,02 | 144,67 | 106,86 | 2,01 | 0 | 0 | 13,95 | 22,22 |
| 8 | 258,28 | 159,04 | 189,58 | 137,10 | 2,43 | 0 | 0 | 18,96 | 28,58 |
| 10 | 301,97 | 196,11 | 217,97 | 170,52 | 2,58 | 0 | 0 | 35,13 | 34,90 |
| 12 | 332,16 | 223,96 | 246,36 | 212,08 | 4,65 | 0 | 0 | 40,53 | 39,04 |
| 14 | 365,31 | 256,12 | 284,79 | 217,80 | 5,98 | 0 | 0 | 47,12 | 45,34 |
| 16 | 386,76 | 277,23 | 297,60 | 232,92 | 6,13 | 0 | 0 | 52,27 | 49,58 |
| 18 | 391,22 | 299,14 | 302,31 | 240,42 | 7,02 | 0 | 0 | 55,34 | 52,72 |
| 20 | 398,21 | 316,16 | 313,27 | 245,62 | 7,09 | 0 | 0 | 58,93 | 55,86 |

### *d*) **Discussion**

L'activité accrue de la cytochrome-oxydase n'est pas étonnante en soi. En effet, la présence d'un virus chez une plante bouleverse complètement comme nous l'avons déjà dit le métabolisme de cette plante. L'activité respiratoire des plantes malades est en particulier nettement supérieure à celle des plantes saines (2,9). Or l'on sait que la cytochrome-oxydase est un des enzymes de la chaîne respiratoire. Il y a donc corrélation entre ces deux phénomènes : respiration et activité de la cytochrome-oxydase.

Nous ne pouvons tirer de conclusions pour l'instant, des résultats obtenus quant à l'activité de la peroxydase. Nous avons poursuivi parallèlement aux travaux sus-cités des études de physiologie et de biochimie comparées chez le Tabac hébergeant le virus de la Mosaïque du Tabac, et les virus X et Y de la Pomme de terre ainsi que chez la Pomme de terre atteinte de ces deux dernières maladies (7). Or, ces études nous ont révélé que l'activité peroxydasique variait considérablement suivant le virus et suivant l'hôte.

L'activité comparée de la tyrosinase chez les plantes saines et malades montre un accroissement d'activité constant chez les plantes atteintes d'une maladie à virus.

Mais le résultat le plus important est, à notre avis, une observation faite d'une façon tout à fait fortuite, au cours de ces manipulations : nous disposions toujours comme témoin un système analogue, mais dans lequel le substrat était remplacé par le même volume de tampon. Nous mesurions de ce fait, *l'absorption propre d'oxygène* des jus étudiés ; or, une différence considérable existe entre plantes saines et plantes malades : chez les premières l'absorption propre est nulle ou très faible alors que

chez les secondes elle atteint chez le Dahlia de 55 à 60 µl en 20 minutes avec les jus provenant de feuilles et 20 µl pendant le même temps avec les jus issus de tubercules. Cette absorption propre fut retrouvée chez le Tabac hébergeant les virus de la Mosaïque du Tabac, Mosaïque du Concombre, ainsi que les virus X et Y de la Pomme de terre. Il est vraisemblable qu'un substrat existe en beaucoup plus grande quantité chez les plantes malades que chez les plantes saines : le brunissement des jus et l'absorption d'oxygène en sont les témoignages . Nous cherchons actuellement à caractériser ce substrat, le brunissement des jus laissant supposer qu'il s'agit d'un composé de nature phénolique. Mais c'est chez le Dahlia que ces phénomènes sont les plus intenses et nous avons pensé que l'addition d'un jus de plante malade à une solution d'un corps oxydable ferait passer ce dernier de la forme réduite à la forme oxydée alors que le jus de plantes saines en serait incapable. Nous avons choisi à cet effet un indophénol substitué : le 2-6 dichlorophénol-indophénol, car ce corps incolore sous sa forme réduite, acquiert une belle coloration bleue lorsqu'il est oxydé. Effectivement toutes les plantes malades recolorent l'indophénol alors que les plantes saines en sont incapables, du moins avec les quantités employées. Un diagnostic des plantes malades est donc possible grâce à cette réaction. Voici dans quelles conditions il est opéré :

On prépare une solution de 2-6 dichlorophénol-indophénol à raison de 30 à 40 mg dans 100 ml de tampon phosphate disodique phosphate monopotassique pH 6,0-6,2. Cette solution est décolorée par quelques gouttes d'une solution diluée de bisulfite de sodium ou par un courant d'hydrogène en présence d'amiante platinée. On dispose 1 ml de cette solution dans des tubes à hémolyse et il suffit d'ajouter une goutte de jus de plante broyée grâce à une pince spéciale; la solution n'acquiert la coloration bleue que lorsque la plante est malade.

3 à 4 000 tests ont été realisés sur « feuilles adultes » ; nous entendons par cette expression : « feuille ayant cessé de croître, mais qui assimile normalement ». Nous avons pu repérer de cette façon des plantes malades pendant la période végétative, plantes qui n'exteriorisaient pas de symtômes par suite d'une infection récente ou d'un masquage partiel : ces plantes, remises en végétation durant l'hiver en serre, ont toutes extériorisé les symptômes caractéristiques alors que les plantes repérées saines durant l'été ne présentaient aucune anomalie.

Mais, à notre avis, ce fait est d'autant plus intéressant qu'il est applicable aux jus provenant de tubercules; 8 000 tests sur tubercules ont déjà été réalisés et des sondages ont été faits de la même façon que pour le test sur feuilles ; des tubercules dont le jus oxyde l'indophénol et d'autres qui en sont incapables furent remis en végétation et il y eut corrélation absolue, c'est-à-dire que les premiers se révélèrent malades alors que les plantes issues des seconds n'extériorisaient aucun symptômes.

Les tests se poursuivent et se poursuivront cet été, mais dès maintenant nous pensons avoir fourni une méthode sûre et rapide de diagnostic des plantes malades chez le Dahlia. Son intérêt réside, en particulier, dans

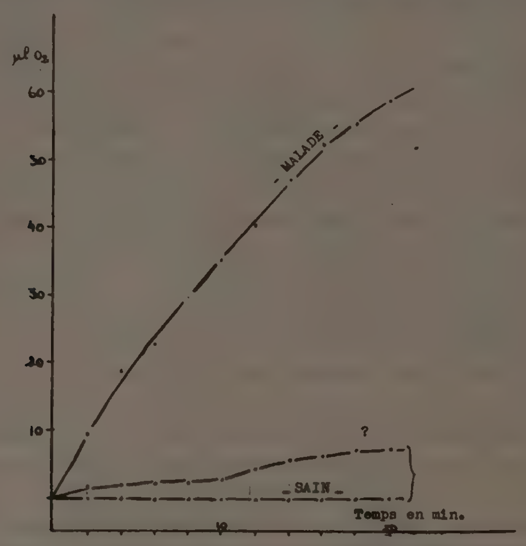



FIG. 5. — Absorption d'oxygène chez *Dahlia variabilis* (feuilles).

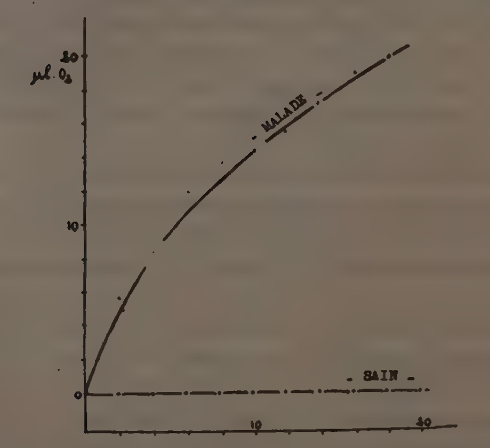



FIG. 6. — Absorption d'oxygène chez *Dahlia variabilis* (tubercules).

le fait qu'elle permet de détecter la maladie très peu de temps après l'infection quelle que soit la nature du virus. En effet, appliquée au Tabac hébergeant la mosaïque du Tabac ou le virus Y de la Pomme de terre, elle permet de séparer les plantes malades des plantes saines 42 heures après l'infec-

tion. Nous avons d'ailleurs pu vérifier cette propriété chez le Dahlia ; des plantes ne manifestant encore aucun symptôme donnaient une réaction positive en cours de culture en plein air ; nous avons suivi de près ces plantes et un mois plus tard les premiers symptômes apparaissaient. La méthode sérologique aurait certainement échoué dans ce cas chez le Dahlia, car, comme nous l'avons déjà dit, les anti-sérums ne sont pas suffisamment riches en anticorps ; il est vraisemblable d'autre part que la quantité de virus n'est pas encore considérable et certainement insuffisante pour donner une réaction antigène anticorps visible. Par contre le bouleversement de métabolisme est déjà très important et nous profitons de cette discussion pour tirer une conclusion générale de nos différents essais. Il est évident que les techniques actuelles vont accroître considérablement nos connaissances en biochimie comparée des plantes saines et des plantes malades. Mais il ne faut pas oublier :

1° Que ces résultats sont fonction de nombreux facteurs deux plantes cultivées dans des conditions différentes de température, de sol, d'humidité ou de lumière auront des compositions en acides aminés, peptides protéines, glucides et lipides différentes ;

2° Qu'un même virus n'introduit pas les mêmes variations de métabolisme chez deux hôtes différentes (appartenant à deux genres ou même deux familles très différentes).

Donc nous pensons que des conclusions valables ne pourront être tirées que dans les conditions suivantes :

*a*) D'une part, et ceci n'est pas nouveau, avec des plantes cultivées dans des conditions absolument semblables de sol, de lumière et de température.

*b*) D'autre part nous pensons que les données des plus intéressantes seront obtenues en comparant :

1° Un même virus chez des hôtes différents ;

2° Différents virus chez le même hôte.

Nous avons d'ailleurs entrepris cette étude et les premiers résultats seront publiés incessamment (7).

## B). ESSAI DE LUTTE CONTRE LES MALADIES A VIRUS DU DAHLIA GUÉRISON DE PLANTES MALADES [1]

Nous savons que la multiplication végétative du Dahlia dûe au fait que cette plante est fortement hétérozygote, a eu pour effet de répandre la maladie à un rythme accélérée ; le bouturage fait avec le même couteau, par le même individu qui a touché certainement beaucoup de plantes malades avant de bouturer une plante saine, réunit une foule de circons-

[1] Cette partie du travail a été réalisée en collaboration avec G. Morel (8).

tances favorables à la transmission des différents virus hôtes du Dahlia. D'autre part le voisinage en serre et sous chassis pendant plusieurs mois des boutures saines et malades peut encore être la source de nouvelles contaminations. Enfin, pendant la période de culture en pleine terre la transmission par pucerons n'est pas négligeable malgré les traitements insecticides. Étant donnés ces facteurs et surtout, peut-être, le fait qu'il y a quelques années, l'attention n'avait pas été attirée sur le danger des maladies à virus chez cette plante, certaines variétés très intéressantes sont en voie de disparition ; il est d'ailleurs impossible dès maintenant, de trouver chez nombre de variétés une seule plante saine. La culture de ces plantes est un danger pour les variétés en bon état sanitaire et principalement pour les nouveautés issues de semis, car elles constituent un foyer permanent.

Or un certain nombre d'auteurs, parmi lesquels Samuel, Bawden et Pirie, Limasset et Cornuet ont étudié la répartition de certains virus comme celui de la Mosaïque du Tabac à l'intérieur de la plante. Ils ont constaté que la teneur en virus diminue considérablement lorsqu'on passe d'une feuille adulte à une feuille jeune ; à l'intérieur du bourgeon terminal elle est si faible qu'elle ne peut être déterminée par les tests les plus précis. Ceci amène à penser que le méristème apical doit être indemne de virus. S'il en est bien ainsi, il doit être possible en prélevant aseptiquement le méristème apical de Dahlias malades et, en le cultivant *in vitro*, d'obtenir des plantes saines à partir des plantes malades.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons donc en 1950, au début de la végétation , disséqué des bourgeons terminaux de Dahlias de la variété « Rêve Rose » fortement attaqués par le virus de la Mosaïque et prélevé aseptiquement les méristèmes apicaux, que nous avons mis en culture sur diverses solutions nutritives. Les fragments ainsi prélevés mesuraient environ 250 µ de long et possédaient ordinairement deux ébauches de feuilles visibles. Le milieu nutritif qui nous a donné les meilleurs résultats était composé de solution de Knop diluée de moitié et renfermait, en outre, 2 p. 100 de glucose et de l'extrait de levure Difco à la concentration de 0,5 g par litre.

Sur ce milieu, la croissance des méristèmes est très irrégulière. Tous les explantats commencent à s'accroître rapidement et en une semaine atteignent environ 1 mm de long, puis ils restent stationnaires pendant plusieurs semaines et occasionnellement l'un deux continue à se développer pour former une tige feuillée de 1 à 2 cm, mais nous n'avons jamais observé de formation de racines. Pour obtenir des plantes entières, nous avons donc greffé ces pousses feuillées sur de jeunes plantes issues de semis indemnes de virus et cultivées en serre. Quand les greffons eurent atteints une dizaine de centimètres de long, ils furent bouturés et mis en pleine terre sous des cages permettant d'éviter les contaminations par les insectes.

Ces plantes entrent actuellement dans leur quatrième année de culture, Elles furent testées sérologiquement à deux reprises, et de nombreuses fois grâce à l'indophénol. Tous les tests ont été négatifs. Nous pensons donc être parvenus de cette manière à éliminer le virus.

D'autre part, cette méthode fut appliquée sur une plus grande échelle, et actuellement les variétés suivantes ont été guéries :

Rêve rose,
Ville de Clermont-Ferrand,
Jérôme Beyaert,
Candeur du Valois,
Porte du Ciel,
Mme E. Sawyer,

## CONCLUSION

Nous pensons avoir, au cours de ces quatre années de recherches, résolu deux des principaux problèmes qui se posent au chercheur lorsqu'il étudie une maladie à virus ; en effet, nous avons :

1° Mis entre les mains des praticiens un test de diagnostic sûr et rapide, permettant d'éliminer toutes les plantes malades.

2° Guéri des plantes malades et remis en culture des variétés qui s'avéraient perdues.

Il existe un troisième problème qui n'est pas sans importance, mais en dehors de notre compétence ; nous voulons parler des facteurs génétiques de résistance aux maladies à virus chez le Dahlia. Cette étude, ne semble pas d'ailleurs très facile à réaliser chez une plante octoploïde aussi hétérozygote que l'est le Dahlia. Signalons cependant que certaines plantes riches en pigments anthocyaniques semblent sinon résistantes, du moins répondent peu à l'infection : nous avons pu observer au cours de ces quatre années d'études, certaines variétés particulièrement riches en pigments telles que :

Victory Day, Thomas Edison, Lilac Time (sport du précédent), Jane Cowl, chez lesquelles le pourcentage de plantes « dégénérant » était extrêmement faible. Il ne s'agit là que d'une observation, mais nous allons, dans la mesure de nos moyens, en étudier l'aspect biochimiques.

(*Reçu pour publication le 1er février 1954*).

## BIBLIOGRAPHIE

(1) Cornuet (P.), Martin (C.) et Limasset (P.). — Extraction du virus de la Mosaïque du Dahlia et obtention de son antisérum. *C. R. Acad. Sc.*, **231**, 913-914, 1950.

(2) Dunlap ( ). — Relative rates of respiration in virus infected plants. *Amer. J. of Botany*, **17**, 348, 1930.

(3) LEPINE (P.), CROISSANT (O.), CORNUET (P.) et MARTIN (C.). — Extraction du virus de la Mosaïque du Tabac et examen au microscope électronique. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, **80**, 669-672, 1951.

(4) LIMASSET (P.), CORNUET (P.) et MARTIN (C.). — Séro-diagnostic du virus de la Mosaïque du Dahlia. *Conférence on Potato diseases-Wageningen*, August, 1951.

(5) MARTIN (C.). — Contribution à l'étude des propriétés sérologiques de la Pomme de terre. *Ann. des Epiph.*, **3**, 393-394, 1952.

(6) MARTIN (C.). — Améliorations apportées à l'extraction du virus de la Mosaïque du Dahlia. *Ann. des Epiph.*, **3**, 395-396, 1952.

(7) MARTIN (C.). — Comparaison des activités oxybasiques entre plantes saines et plantes atteintes de maladies à virus. *C. R. Acad. Sc.*, avril 1954.

(8) MOREL (G.) et MARTIN (C.). — Guérison de Dahlias atteints d'une maladie à virus. *C. R. Acad. Sc.*, **235**, 1324-1325, 1952.

(9) THUNG (T. H.). — Mesure des activités enzymatiques chez les pommes de terre atteintes du virus de l'enroulement. *Tijdsch. over Plantenziekten.* **33**, 1, 1928.

---

# TEST D'EFFICACITÉ PRATIQUE D'UN RATICIDE

PAR

**J. GIBAN**

Laboratoire des Vertébrés,
Station contrôle de Zoologie agricole, Versailles.

---

## I. — PRÉAMBULE

### UTILITÉ D'UN TEST D'EFFICACITÉ PRATIQUE

L'efficacité pratique d'un raticide se manifeste par le taux de mortalité obtenu par l'emploi de ce raticide au sein d'une population naturelle de Rats.

La mesure précise de cette efficacité est une nécessité en matière de recherche aussi bien qu'en matière de contrôle des applications pratiques.

On sait en effet, notamment en ce qui concerne les raticides employés sous forme d'appât toxique, que des substances de toxicité et d'acceptation comparables, peuvent néanmoins se révéler être très inégalement efficaces car une suspicion, systématique et souvent durable, à l'égard de l'appât toxique, est à même de se développer rapidement non seulement chez les Rats ayant ingéré une dose subléthale de raticide mais encore chez ceux n'ayant pas consommé d'appât toxique.

En l'état actuel de nos connaissances, on attribue ce phénomène au trouble que créerait au sein de la population de Rats les manifestations violentes que produit le toxique chez les premiers individus intoxiqués. Le phénomène de suspicion serait donc d'autant plus accentué que le toxique est d'action plus rapide et d'effet plus violent.

Quoi qu'il en soit de cette explication, la mesure de l'efficacité pratique d'un raticide apparait comme devant renseigner sur une qualité intrinsèque d'un raticide : sa faculté de provoquer ou non le phénomène de suspicion, et non pas seulement sur la répercussion que peuvent avoir sur l'efficacité, les aléas imprévisibles qui accompagnent tout essai effectué dans les conditions naturelles.

### LES MÉTHODES D'ESTIMATION DES POPULATIONS DE RATS

Le test que nous recherchons doit permettre d'évaluer de façon précise la diminution d'une population de rats entre le début et la fin de l'application d'un raticide. Il n'est pas indispensable pour cela de connaître le chiffre absolu de la population avant et après le traitement, pourvu que la méthode employée permette une estimation sûre du taux relatif de son abaissement.

Bien des méthodes ont été étudiées ou proposées. Nous examinerons succinctement les principales d'entre elles.

*a*) **Méthodes basées sur les résultats de piégeage.** — J. T. EMLEN et *alii* (9) ont montré que l'emploi des pièges en quantité proportionnée à celle des Surmulots permettait de capturer la quasi-totalité de ces derniers ; les résultats des huit premiers jours de piégeage permettent d'ailleurs de calculer par extrapolation le chiffre initial de la population. Cette méthode qui procède à une extermination plus ou moins complète de la population de rats ne saurait évidemment convenir ici.

P. H. LESLIE et D. H. S. DAVIS (10) postulant que la capture d'un rat résulte principalement du hasard de la rencontre avec le piège, ont développé une théorie qui permet de calculer le chiffre absolu d'une population de rats à partir des résultats d'un piégeage effectué suivant un protocole déterminé. Ils ont appliqué leur théorie à la population de Rat noir de Freetown en Afrique. Cet essai très original n'a jamais été à notre connaissance transposé au cas qui nous intéresse. A priori, on peut penser qu'une telle méthode ne peut guère donner satisfaction dans le cas d'une population raréfiée, sa précision devant alors être très diminuée.

Le Bureau of animal population d'Oxford a tenté d'adapter la méthode du piégeage avec remise en liberté après marquage des individus capturés (3). Cette méthode qui est la méthode fondamentale de l'étude des populations naturelles de petits Rongeurs a été abandonnée parce que d'application trop difficile. J. T. EMLEN (9) arrive à la même conclusion.

*b*) **Méthodes basées sur le comptage direct des individus.** — La méthode utilisée par C. L. WILLIAMS (14) à bord des navires : comptage des individus morts après traitement aux gaz toxiques, ne saurait bien évidemment être retenue.

J. T. EMLEN et ALII (9) se sont inspirés d'une méthode utilisée dans l'étude des populations d'oiseaux : sur les principaux lieux de passage des Rats, on procède à des moments et durant des temps déterminés au comptage direct des individus aperçus. De l'opinion même de leurs inventeurs cette méthode s'est révélée incertaine.

*c*) **Méthodes basées sur le dénombrement des nids.** — Aux îles Hawaii le Rat noir et le Rat d'Alexandrie établissent souvent leurs nids dans les arbres ; il est relativement facile alors de les repérer et de les compter. Cette méthode qui a été utilisée par C. E. PEMBERTON (12) et A. L. DOPMEYER (6) ne saurait être employée que dans des cas très particuliers.

En ce qui concerne le Surmulot, il est hors de doute que seulement un petit nombre des terriers existants peut être repéré en général.

*d*) **Méthodes basées sur les indices.** — Les indices de la présence des rats sont nombreux : crottes, pistes, empreintes de pattes et traînées de queue, gras sur les murs et les poutres, dégâts, etc... De l'avis de la plupart des auteurs le repérage de ces indices sert beaucoup plus à localiser qu'à dénombrer les rats.

Néanmoins, E. R. PIERCE (13) et C. L. WILLIAMS (14) ont montré que la quantité de crottes trouvées à bord des navires était en corrélation avec le nombre des cadavres de rats retrouvés après traitement aux gaz toxiques.

Mais on sait que la quantité de crottes déféquée dépend essentiellement de la nature de la nourriture consommée. Cette méthode n'est donc pas applicable de façon très générale.

J. T. EMLEN et *alii* (9) ont proposé de noter soigneusement sur un plan des lieux, tous les indices frais de la présence des rats, avant et après l'exécution du traitement raticide. De l'avis même de leurs auteurs, cette méthode mise au point dans les conditions urbaines de Baltimore, ne peut être appliquée dans les conditions rurales. Elle paraît ne pouvoir donner satisfaction que dans le cas d'une population constituée de colonies de rats disséminées et de faible importance chacune.

*e*) **Méthodes basées sur la consommation d'appât.** — Divers auteurs anglais (1, 2, 11) et notamment S. A. BARNETT ont appliqué pour l'estimation des résultats obtenus lors de traitement de dératisation une méthode qu'ils appellent le « test baiting » et qu'on peut appeler en français « la méthode des points d'appâtage ». Avant et après traitement on dissémine sur le lieu de l'expérience, notamment aux points choisis pour placer les appâts toxiques, de petites quantités d'appât ; on dénombre avant et après traitement les points où l'appât a été consommé et le rapport des deux nombres obtenus permet une évaluation de l'efficacité. Cette méthode est d'application simple et facile mais elle ne permet pas, dans la majorité des cas, une mesure précise de l'efficacité du traitement car le nombre des rats peut n'être pas en relation avec le nombre des points d'appâtage visités. C'est essentiellement une méthode de vérification de la bonne réussite d'un traitement dans les conditions de la pratique.

D. CHITTY (3, 4) en Angleterre et R. E. DOTY (7, 8) aux îles Hawaii ont indépendamment l'un de l'autre, mis au point une même méthode, basée essentiellement sur la mesure de la consommation journalière d'un appât offert en quantité excédant la consommation. Cette méthode est appelée « Census baiting » ; on pourrait l'appeler en français « la méthode des courbes de consommations journalières ». C'est elle dont nous proposons l'adoption comme test d'efficacité pratique d'un raticide.

Cette méthode a été employée à l'égard de plusieurs espèces de rats, notamment :

*Rattus norvegicus* ERXLEBEN, le Surmulot ;
*Rattus rattus rattus* LINNÉ, le Rat noir ;
*R. rattus alexandrinus* GEOFFROY, le Rat d'Alexandrie ;
*R. rattus frugivorus* RAFINESQUE, le Rat frugivore ;
*Rattus hawaiiensis* STONE, le Rat des Hawaii.

Elle l'a été sous les climats tropicaux et tempérés, dans les cultures (canne à sucre notamment), dans les fermes et dans les villes.

De l'avis de tous les auteurs qui l'ont utilisée dans ces conditions très diverses, la méthode a toujours donné satisfaction. Elle apparaît donc très sûre et très générale.

## II. — LA MÉTHODE DES DESCRIPTIONS DES CONSOMMATIONS JOURNALIÈRES

1) **Principe de la méthode.** — Lorsque dans un lieu déterminé, on dispose aux endroits convenables des appâts renouvelés chaque jour, en quantité telle que la consommation de cet appât reste chaque jour inférieure à la quan-

tité offerte, on constate que la consommation journalière d'appât augmente rapidement durant les premiers jours puis se stabilise au bout de 6 à 12 jours pour rester pratiquement constante. Le graphique représentant la variation de cette consommation journalière possède un palier et sa forme est d'autant plus régulière que le nombre de rats est important.

La valeur du palier de consommation est prise comme critère du niveau de la population.

Le test d'efficacité pratique comprendra donc 3 périodes consécutives :

1re *période* : Détermination du palier de consommation pour la population initiale ;

2e *période* : Exécution du traitement raticide ;

3e *période* : Etablissement du palier de consommation pour la population survivante.

La comparaison des deux paliers de consommation obtenus expérimentalement avant et après l'exécution du traitement permet de chiffrer, en valeur relative, l'efficacité du traitement. Si C*i* est la valeur moyenne du palier de consommation avant traitement (consommation initiale) et C*r* celle de la consommation résiduaire, l'efficacité du traitement s'exprimera de la façon suivante :

$$e = \frac{\mathrm{Ci} - \mathrm{Cr}}{\mathrm{Ci}} \times 100$$

Les valeurs C*i* et C*r* seront calculées d'après les chiffres d'au moins trois jours consécutifs.

2) **Détails d'application de la méthode.**

*a*) **Choix du lieu d'expérience.** — Qu'il s'agisse d'une ferme, d'une culture, d'habitations urbaines ou de bâtiments industriels, le lieu d'expérience devra autant que faire se peut, répondre aux trois conditions suivantes :

1° abriter une seule espèce de Rats,

2° n'abriter aucune autre espèce de Rongeurs,

3° constituer une population isolée.

La première condition est particulièrement importante si le raticide expérimenté présente une efficacité très différente à l'égard des espèces de Rats qui habitent le lieu d'expérience.

La deuxième condition est très difficile à satisfaire dans la pratique. Par exemple la Souris domestique se rencontre presque toujours dans les bâtiments où se trouve le Surmulot ou le Rat noir. Mais la présence de petits Rongeurs n'a une importance réelle que si leur nombre est suffisamment grand pour que la consommation d'appât qu'ils font, représente une fraction non négligeable de la consommation totale.

Dans le cas où le lieu de l'expérience n'est pas suffisamment isolé, il est à craindre que des Rats venus des colonies voisines ne viennent peu à peu réinfester le lieu d'expérience et prendre une part de plus en plus importante dans la consommation mesurée après le traitement. Ceci risque notamment de se produire lorsque le traitement raticide est relativement long comme c'est le cas avec les produits anticoagulants par exemple. Pour la sûreté du résultat obtenu il y a intérêt à opérer l'essai sur une population aussi isolée que possible.

*b*) **Choix de l'époque.** — La durée d'exécution du test est en général de

deux à quatre semaines suivant l'importance de la population, la nature du raticide expériméné et les circonstances de lieu.

Il paraît donc souhaitable d'opérer de préférence durant la période de repos sexuel pour que du fait des naissances et des sevrages des changements ne se produisent pas dans le nombre des Rats venant consommer les appâts. D'ailleurs cette période correspond, tout au moins sous les climats tempérés, à une concentration des Rats dans les bâtiments ce qui peut rendre plus aisée l'application du test.

*c*) **Nature de l'appât.** — De tous les essais effectués à ce sujet il ressort que l'appât utilisé doit être constitué par des grains de céréales, car ainsi l'appât peut constituer l'aliment fondamental des Rats auxquels il est offert. En outre, la manipulation des grains est aisée et les variations de poids dues à leur dessication ou à leur hygroscopicité sont négligeables.

La céréale la plus utilisée est le blé dans les régions tempérées, le maïs ou l'avoine dans les pays chauds.

L'emploi de farine de céréales est à déconseiller car les farines sont moins recherchées que les grains par le Rat et leur hygroscopicité les rendent d'emploi plus délicat.

Certains rats, notamment le Surmulot, ont une tendance naturelle à emporter leur nourriture pour la manger ou la mettre en réserve dans leurs terriers. Le transport de grains de céréales par les Rats est toujours possible mais en général, il est de peu d'importance.

Au lieu d'employer le grain de blé entier on peut conseiller le blé écrasé tel qu'il se présente après le passage dans le premier broyeur à cylindre d'une meunerie. On aura soin avant d'utiliser ce blé écrasé, de le débarrasser de la farine qui l'accompagne par un tamisage ; un tel blé est très peu transporté par le Surmulot.

Lors de l'appâtage destiné à la détermination du palier de consommation résiduaire, il est fortement recommandé de changer la nature du grain employé. On sait en effet que les rats survivant à un traitement raticide manifestent souvent une suspicion plus ou moins marquée à l'égard de l'appât qui a servi à la préparation de l'appât toxique.

*d*) **Choix des points d'appâtage.** — Le choix des points d'appâtage est le point le plus délicat du présent test. Il faut y porter toute son attention.

Les appâts doivent être placés sur le passage des Rats, entre leur nid et le lieu où se trouve la nourriture habituelle des Rats et le plus près possible des nids.

Ceci est la règle fondamentale qui régit de façon très générale l'emploi des appâts toxiques ou non ; sa non-observation dans le présent test diminuerait grandement la valeur du résultat obtenu car il ne porterait plus que sur une fraction de la population de Rats.

Certes, il est hors de doute que dans les conditions naturelles qui sont celles de l'application du présent test, l'appât offert ne constitue jamais la totalité de la nourriture prise par les Rats. Mais si l'appât choisi est un bon aliment et si les points d'appâtage sont convenableent choisis, l'expérience a montré que le nombre d'individus ne venant pas aux appâts est très faible et que rapidement les Rats font de l'appât offert la base essentielle de leur alimentation.

*e*) **Postes d'appâtage.** — Il est indispensable que les appâts ne soient pas

mis directement sur le sol ou à l'entrée des terriers, mais dans un récipient qui permette de recueillir facilement les résidus non consommés par les Rats.

Il est non moins indispensable que les appâts soient à l'abri des intempéries et hors de portée de la volaille et des petits Passereaux granivores.

L'emploi de postes d'appâtage formant abri est donc une nécessité. On adoptera parmi tous les modèles qui ont été proposés les mieux adaptés aux conditions de l'expérience. On peut recommander notamment le poste P3 des auteurs anglais ou le poste utilisé par R. E. DOTY constitué par une gamelle de section rectangulaire, recouverte par un tunnel métallique semi-cylindrique.

*f*) **Relevé des appâts.** — Les Rats sont des animaux qui en général, ont une activité nocturne très marquée. La consommation des appâts se fait principalement la nuit. Mais les études faites notamment sur le Surmulot ont montré que dans les lieux où ils sont tranquilles les rats peuvent consommer le jour une quantité non négligeable d'appât. Cette consommation diurne peut d'ailleurs varier d'importance d'une époque de l'année à l'autre.

Il est donc indispensable que l'enlèvement des résidus non consommés et la recharge des postes d'appâtage soient effectués au même moment de la journée tout au long de l'exécution du test d'efficacité.

Pour la pesée des résidus et des recharges on se servira d'une balance sensible à 0,5 g. Il est commode d'utiliser pour cela une balance non périodique à sensibilité constante, couramment appelée « balance automatique ». A l'aide de ces balances les pesées sont rapidement effectuées.

Pour simplifier les opérations, il est commode d'adopter une « unité de recharge » (100 ou 200 grammes d'appât par exemple). Lors de la relève des résidus, l'opérateur emportera avec lui un certain nombre de recharges unitaires et suivant la consommation constatée, il versera dans le poste 1, 2, 3... recharges. La notation des quantités d'appât mis en place sera ainsi très simplifiée.

Il est conseillé également de numéroter tous les postes d'appâtage. Lors de la relève des résidus, l'opérateur versera les résidus dans une poche de papier portant le numéro du poste.

En adoptant cette façon de procéder relève et recharge des postes s'effectuent très rapidement au moment voulu de la journée et toutes les opérations de pesée peuvent s'effectuer ultérieurement hors du lieu d'expérience.

3) **Discussion des résultats.** — La valeur *e* de l'efficacité, calculée comme indiqué ci-dessus d'après les résultats expérimentaux obtenus n'est évidemment qu'une valeur approchée de l'efficacité réelle.

L'approximation du résultat obtenu pourra facilement être déduite, suivant les méthodes habituelles des valeurs C*i* et C*r* des paliers de consommation avant et après traitement.

Mais bien des sources d'erreur resteront hors de portée de tout calcul. Nous rappellerons les principales sources d'erreur :

Mélange d'espèces de Rats ou d'espèce de Rongeurs, consommations accidentelles imputables à des volailles ou à des petits Passereaux, suspicion à l'égard de l'appât lors de l'établissement de la courbe de consommation résiduaire, proportion de rats ayant échappé au contrôle, réinfestation des lieux par des rats venus du voisinage.

La discussion du résultat obtenu devra donner tout élément utile pour apprécier l'importance possible de ces sources d'erreur.

*Reçu pour publication le 5 février 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE


(1) BARNETT (S. A.). — Infestation control : Rats and Mice, Ministry of Food, *London*, 1946.

(2) BARNETT (S. A.), BATHARD (A. H.) et SPENCER (M. M.). — Rat populations and control in two english villages. *Annale appl. Biology*, **8**, 2, 444-463, 1951.

(3) CHITTY (D.). — A relative census method for Brown Rats (*Rattus norvegicus*). *Nature*, **150**, 3893, 56-62, 1942.

(4) CHITTY (D.) et SHORTEN (M.). — Techniques for the study of the Norway Rat (*Rattus norvegicus*). *J. Mammology*, **27**, 1, 63-78, 1946.

(5) DICE (L. R.). — Méthods for estimating populations of Mammals. *J. Wildlife Mgt*, **5**, 398-407, 1941.

(6) DOPMEYER (A. L.). — Plague eradicatives measures on the island of Maui territory of Hawaii. *Publ. Hlth. Rep.*, **51**, 45, 1533-1556, 1936.

(7) DOTY (R. E.). — The prebaited feeding Station method of rat control. *Hawaii. Plant. Rec.*, **42**, 39-76, 1938.

(8) DOTY (R. E.). — Rat control on Hawaiian sugar cane plantations. *Hawaii Plant. Rec.*, **49**, 2, 71-239, 1945.

(9) EMLEN (H. T.), DAVIS (D. E.) et STOKES (A. W.). — Methods for estimating populations of Brown rats in urban habitats. *Ecology*, **30**, 430-442, 1949.

(10) LESLIE (P. H.) et DAVIS (D. H. S.). — An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *J. Animal Ecology*, **8**, 94-113, 1939.

(11) MORGAN (M. T.), FISHER (J.) et WATSON (J. S.). — Rodent control in the area of the port of London Health Authority. *Med. officer*, **70**, 37-38, 45-46, 1943.

(12) PEMBERTON (C. E.). — The field rat in Hawaii and its control. Experiment Station, H. S. P. A. *Ent. Series Bull.*, nº 17, 46 p., 1925.

(13) PIERCE (E. R.). — Method of determining the prevalance of rats in ships. *Med. Officer*, **43**, 222-224, 1930.

(14) WILLIAMS (C. L.). — Rat infestation inspection of wessels. *Publ. Hlth Rep.*, **47**, 14, 765-800, 1932.


---

# NOTES PHYTOSANITAIRES

## NOTE SUR LA TOXICITÉ PAR INGESTION DU PYROPHOSPHATE DE TÉTRAETHYLE A L'ÉGARD DU RAT BLANC

(*Note toxicologique n° 14*)

PAR

M. GATINEAU, M. PORCHERON et L. SAINT-LÉGER

Laboratoire des Vertébrés et Laboratoire de Phytopharmacie (Versailles)

**Produits et méthodes utilisés.** — Nous avions à notre disposition deux échantillons de pyrophosphate de tétraéthyle l'un pur, l'autre titrant 17 p. 100 de matière active. La substance est administrée per os, suivant deux processus différents :

1° par ingestion forcée à l'aide d'une sonde œsophagienne ;

2° par ingestion naturelle d'appâts empoisonnés à des taux connus de produit actif.

Dans le premier cas nous utilisons des lots de 5 rats qui reçoivent des doses de 0,5, 1, 2, 3 et 5 mg/kg du poids vif de l'animal. Ces doses étant très faibles, leur mesure à l'aide d'une seringue ne pouvait se faire, en employant le produit pur, qu'avec une erreur relative importante, c'est pourquoi nous avons préparé et utilisé extemporanément des dilutions aqueuses de cet ester phosphorique.

Dans le second cas nous offrons au rat une quantité d'appât égale au 1/100e de son poids, c'est-à-dire, la quantité que l'on estime généralement pouvoir être ingérée, en une seule fois, par un rat. Les essais effectués selon ce processus se divisent en deux séries A et B. La première série A a été réalisée avec un échantillon de pyrophosphate de tétraéthyle pur conservé au laboratoire durant un an. Pour la série B le produit pur a été utilisé dès sa réception. Dans cette dernière série nous distinguerons 4 parties suivant que l'appât a été offert aux rats dès sa préparation ou bien après un délai de 24, 48 ou 72 heures d'où les subdivisions B1, B2, B3 et B4 de la série B.

Les appâts sont préparés le plus souvent en mélangeant au mortier une quantité donnée de farine de blé avec un volume, connu et pesé par différence, de pyrophosphate de tétraéthyle. Ensuite, nous reprenons une fraction de la farine mère ainsi obtenue que nous mélangeons à nouveau avec une certaine quantité de farine. De cette façon nous effectuons en général 3 dilutions successives. Nous avons opéré aussi à l'aide de solution dans l'éther ou l'acétone ; dans ce cas un poids déterminé de farine est additionné d'un volume donné de solution à titre connu. Les appâts ainsi obtenus séjournent 24, 48 ou 72 heures à l'air libre, ceci afin d'éliminer l'éther ou l'acétone. C'est de cette manière

que la majorité des résultats des essais B2, B3 et B4 ont été obtenus. Nous serons amenés à désigner par la suite, sous l'expression de « vieillissement de l'appât » le temps séparant le moment où la solution est ajoutée à la farine de celui où l'appât empoisonné est offert aux rats ; le terme de vieillissement employé pour les échantillons de produit pur désigne le temps de conservation au laboratoire avant emploi.

**Résultats.** — Les données et résultats de ces différents essais sont consignés dans le tableau et illustrés par les graphiques que l'on trouvera ci-dessous.

L'analyse des résultats ne nous permet pas de constater de différences sensibles entre les sexes ; c'est pourquoi dans le tableau nous groupons mâles et femelles. D'autre part, suivant la forme de l'administration du produit, nous distinguerons des lots ou des groupes d'animaux. En effet, avec l'ingestion forcée nous sommes maîtres de la dose administrée. Avec l'ingestion naturelle, la dose ingérée varie suivant l'acceptation de l'appât ; nous avons, par suite, regroupé les individus ayant consommé des doses voisines.

Les premiers numéros (1 à 5) de la première colonne du tableau correspondent à des lots expérimentaux ; les suivants (6 à 21) se rapportent à des groupes composés après une redistribution empirique des animaux suivant les doses ingérées.

| | Lot ou Groupe | | | Poids moyen | Doses | Mortalité | | Temps de survie moyen en mn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N° | Composition | | | | Nombre | Pourcentage | |
| | | M | F | g | mg/kg | | | |
| **DIVISION I** (ingestion forcée) | 1 | 5 | | 231,2 | 0,5 | 0 | 0 | |
| | 2 | | 5 | 160,2 | 1,1 | 1 | 20 | en 120 |
| | 3 | 5 | | 230,4 | 2,0 | 5 | 100 | 101 |
| | 4 | | 5 | 160,6 | 3,2 | 5 | 100 | 38 |
| | 5 | 5 | | 226,2 | 5,2 | 5 | 100 | 15 |
| **DIVISION II** (ingestion naturelle d'appâts) | SÉRIE A (après conservation de l'échantillon pendant un an) | | | | | | | |
| | 6 | 2 | 2 | 177,5 | 2,0 | 0 | 0 | |
| | 7 | 9 | 6 | 152,1 | 4,1 | 3 | 20 | |
| | 8 | 7 | 8 | 131,6 | 5,9 | 4 | 26,6 | |
| | 9 | 6 | 6 | 153,9 | 7,6 | 4 | 33,3 | |
| | 10 | 3 | 6 | 180,4 | 9,7 | 2 | 22,2 | |
| | 11 | 8 | 1 | 196,4 | 14,7 | 1 | 11,1 | |
| | SÉRIE B (emploi de l'échantillon dès sa réception) | | | | | | | |
| *Essais B1* Vieillissement nul | 12 | | 5 | 143,8 | 10,8 | 5 | 100 | 181 |
| | 13 | | 4 | 122,2 | 20,5 | 4 | 100 | 20 |
| | 14 | 5 | 4 | 163,4 | 128,4 | 9 | 100 | 19 |
| *Essais B2* Vieillissement 24 h | 15 | 1 | 3 | 142 | 8,7 | 0 | 0 | |
| | 16 | 2 | 1 | 196 | 11,6 | 1 | 33,3 | 200 |
| | 17 | 5 | | 131,4 | 16,7 | 3 | 60 | 333 |
| | 18 | | 4 | 132 | 21,2 | 3 | 75 | 130 |
| *Essais B3* Vieillissement 48 h | 19 | | 3 | 150 | 12,8 | 0 | 0 | |
| | 20 | | 4 | 97,2 | 17,1 | 0 | 0 | |
| *Essais B4* Vieillissement 72 h | 21 | 3 | 4 | 159,5 | 18,5 | 0 | 0 | |

Les points expérimentaux portés sur le graphique n° I sont relatifs aux mortalités partielles. Ils ont pour ordonnées les probits des mortalités déterminés d'après la table IX de FISHER and YATES (in Statistical Tables for biological Agricultural and medical Research) et pour abscisses les logarithmes

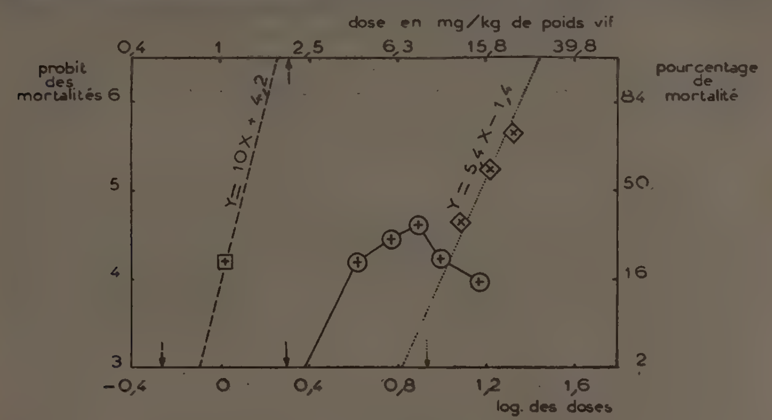



FIG. 1. — Relations entre les doses ingérées et les mortalités.

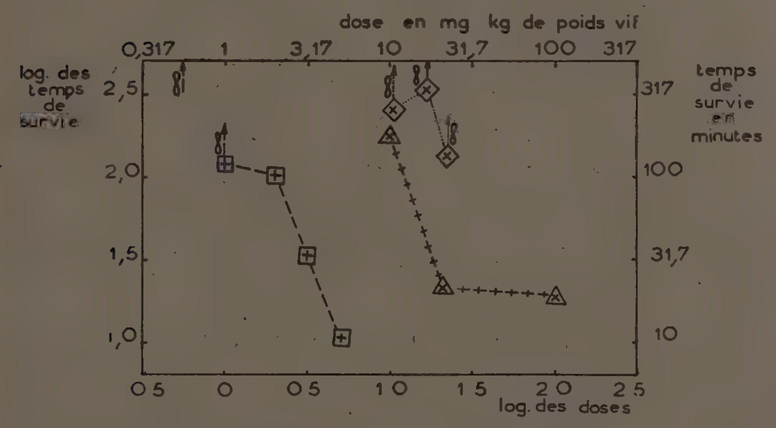



FIG. 2. — Relations entre les temps de survie et les doses.

Légende pour les deux graphiques :

⊡– – – –⊡ résultats obtenus par ingestion forcée,

○———○ par ingestion naturelle d'appâts préparés avec un échantillon conservé au laboratoire pendant un an,

△+ + +△ par ingestion naturelle d'appâts préparés dès la réception de l'échantillon, les appâts étant offerts aux rats dès leur préparation,

◇- - - - -◇ idem, mais les appâts sont offerts après un vieillissement de 24 heures.

des doses. On sait que, dans cette transformation, les coordonnées des mortalités 0 p. 100 et 100 p. 100 sont théoriquement rejetées à l'infini. Nous avons indiqué par des flèches les doses qui nous ont permis d'obtenir ces pourcentages de mortalités.

Afin de présenter sur un seul graphique (graphique n° II), les temps de survie moyens en fonction de la dose ingérée, pour l'ensemble des observations,

nous avons utilisé une transformation bilogarithmique des données et observations. Notons que, lorsque la mortalité n'est pas totale dans un lot, le temps de survie moyen est très grand puisque, pour les survivants, il peut être considéré égal à la durée de survie d'individus de la même espèce et du même âge que ceux composant le lot expérimental, cette durée de survie étant mesurée dans des conditions normales. Nous avons simplement porté sur le graphique les temps de survie déduits des observations portant sur les individus ayant succombé à l'intoxication. Lorsqu'il ne s'agit que d'une valeur relative, c'est-à-dire lorsque la mortalité du lot n'est pas totale, nous l'avons indiqué par une flèche accompagnée du symbole de l'infini.

**Remarques et conclusion.** — Dans les essais réalisés par ingestion forcée, nous n'avons obtenu qu'un point relatif aux doses léthales partielles. Mais l'intervalle entre la dose léthale 0 p. 100 (D. L. 0 = 0,5 mg/kg) et la D. L. 100 (2 mg/kg) étant assez étroit, nous attribuerons à la D. L. 50 la valeur approximative 1,25 mg/kg ± 0,2. Pour les doses égales ou supérieures à 2 mg/kg, nous obtenons des temps de survie moyens qui décroissent rapidement lorsque la dose croît, pour se stabiliser à une valeur qui serait inférieure ou au plus égale à 10 minutes.

Dans le cas de l'ingestion d'appâts préparés avec l' « échantillon frais » et offerts peu après leur préparation, les fortes concentrations utilisées ne nous permettent pas d'avoir de doses léthales partielles. Mais nous voyons que les temps de survie décroissent rapidement et semblent se stabiliser à environ 20 minutes, soit à une valeur au moins double de celle établie précédemment. Si l'appât est offert après un « vieillissement » de 24 heures, les points expérimentaux obtenus se distribuent, dans la double transformation des données $x$ = log. des doses et Y = probit des mortalités ; suivant la droite d'équation $Y = 5{,}4\,x - 1{,}4$ qui nous permet d'établir à 15,2 mg/kg ± 0,6 la valeur de la D. L. 50. La chute de la toxicité du produit après un « vieillissement » de 24 heures apparaît ainsi nettement en comparaison des résultats obtenus par ingestion forcée. Les temps de survie moyens des individus morts dans les groupes n[os] 17 et 18 n'ont qu'une valeur relative, puisque dans les 2 cas un certain nombre d'individus ont survécu. Ils nous permettent cependant de mettre en évidence l'augmentation des temps de survie avec le « vieillissement » de l'appât.

Pour des « vieillissements » des appâts de 48 ou 72 heures nous n'obtenons pas de mortalité. Mais la série des essais B1, B2, B3 et B4 montre la baisse considérable de la toxicité de la substance avec le temps : on voit en effet qu'une dose de 16 à 20 mg/kg ingérée avec des délais de 0, 24, 48 ou 72 heures après la préparation assure respectivement 100 p. 100, 75 — 60 p. 100 ou 0 p. 100 de mortalité.

La courbe de mortalité (graphique n[o] 1) obtenue par l'ingestion d'appât préparé avec l'échantillon « vieilli », prend une allure peu fréquente. On remarquera en effet la présence d'un maximum après lequel la toxicité baisse lorsque la dose augmente. Notons que D. J. Finney [1] étudie des courbes de toxicité présentant un maximum et un minimum. Dans le cas présent nous manquons d'information sur ce qui se passe après le dernier point expérimental. Nous avons été limités dans cette série d'essais par le fait que les rats refusaient les appâts de concentration égale ou supérieure à 30 mg de produit vieilli dans 10 g de farine, appât pouvant assurer des doses de 30 mg par kg et plus.

[1] Finney (D. J.). — In : Probit analysis, Cambridge 1952, chap. 8, p. 157.

L'analyse des résultats en tenant compte de différents facteurs (vieillissement du produit, poids des animaux, pourcentage d'acceptation des appâts par les rats) ne nous a pas permis de mettre en évidence une explication de la baisse de toxicité du produit vieilli lorsque la dose augmente.

En résumé : dans les conditions de nos essais la dose léthale 50 p. 100 du pyrophosphate de tétraéthyle à l'égard du Rat blanc a été estimée être égale à 1,25 $\pm$ 0,2 mg/kg en ingestion forcée ; elle passe à 15,2 $\pm$ 0,6 mg kg par l'ingestion naturelle d'appâts offerts 24 heures après leur préparation. Par ailleurs l'ensemble des essais permet de mettre en évidence la perte rapide de la toxicité de ce produit dans le temps.

*Note reçue pour publication le 1er mars 1954.*

## NOTE SUR LA TOXICITÉ PAR INGESTION NATURELLE DU THIOPHOSPHATE DE DIÉTHYLE ET DE PARANITROPHÉNYLE, A L'ÉGARD DU RAT BLANC

(*Note toxicologique n° 15*)

PAR

M. GATINEAU

Laboratoire des Vertébrés, Versailles.

Nous avons procédé à quelques essais de toxicité avec un échantillon pur de thiophosphate de diéthyle et de paranitrophényle ou parathion, incorporé à des appâts que nous avons offerts à des Rats blancs.

**Méthode utilisée.** — Les animaux mis en expérience sont isolés le matin, avant l'heure à laquelle ils reçoivent d'habitude leur nourriture. Ils sont pesés, et mis chacun dans une cage. On leur offre alors, dans le couvercle d'une boîte de Pétri, une quantité exactement pesée d'un appât empoisonné à taux connu de parathion. Cette quantité est égale au 1/100 du poids de l'animal, c'est-à-dire à la quantité que l'on estime généralement pouvoir être ingérée totalement par un Rat en une seule fois. Le lendemain, les résidus restés dans la boîte de Pétri sont pesés. Restent, bien entendu, sans contrôle possible, les particules d'appât emportés par l'animal sur ses pattes et son poil, et les apports de sels dus à l'urine dont on ne peut qu'éliminer l'eau par évaporation.

**Préparation des appâts.** — Nous préparons une farine mère en mélangeant au mortier 2/10 de cm³ de thiophosphate de diéthyle et de paranitrophényle avec 2 000 mg de farine de blé. La pesée du mélange nous donne, par différence, le poids du produit. On prépare l'appât offert à partir de cette farine mère, par mélanges successifs avec de la farine de blé. Connaissant la concentration de la farine mère, les proportions des mélanges sont calculées pour obtenir les concentrations cherchées.

**Résultats.** — L'ensemble des résultats obtenus sur les 70 Rats blancs expérimentés se résume par le tableau suivant : la première partie représente les résultats obtenus sur Rats mâles, et la seconde, ceux obtenus sur femelles. Nous avons regroupé les individus ayant reçu des doses voisines.

| Groupe n° | Groupe nombre | Poids moyen g | Doses moyennes ingérées mg/kg | Moyennes des log. des doses | Mortalité nombre | Mortalité Pourcentage | Mortalité Probit | Temps de survie moyen en mn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Première partie : Résultats obtenus snr Rats mâles* | | | | | | | | |
| 1 | 8 | 211,4 | 3,4 | 0,416 | 1 | 12,5 | 3,85 | 105 |
| 2 | 8 | 182,0 | 8,5 | 0,927 | 3 | 37,5 | 4,68 | — |
| 3 | 10 | 171,4 | 17,0 | 1,224 | 4 | 40,0 | 4,74 | 97 |
| 4 | 8 | 161,6 | 26,3 | 1,418 | 4 | 50 | 5,00 | |
| 5 | 9 | 132,6 | 42,0 | 1,619 | 9 | 100 | — | 76 |
| *Deuxième partie : Résultats obtenus sur Rats femelles* | | | | | | | | |
| 6 | 9 | 155,3 | 2,92 | 0,423 | 2 | 22,3 | 4,27 | — |
| 7 | 6 | 126,0 | 5,65 | 0,742 | 3 | 50 | 5,00 | — |
| 8 | 12 | 109,3 | 22,67 | 1,334 | 12 | 100 | — | 74 |

Ces résultats sont illustrés par le graphique suivant construit en utilisant la double transformation des coordonnées expérimentales : X = logarithme des doses, et Y = probit des mortalités (d'après la table IX de FISHER et YATES). Dans ces conditions, les droites tracées en première approximation (d'après D. J. FINNEY, in Probit analysis, Cambridge 1952, page 28) ont pour équation :

$$Z = 2{,}3\ X + 3{,}2 \qquad \text{et} \qquad Y = 1{,}6\ X + 2{,}9$$

suivant qu'il s'agit des femelles ou des mâles.

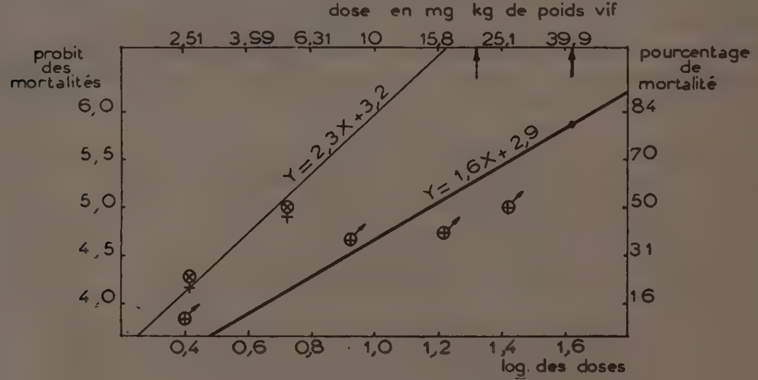



FIG. 3. — Relations entre les doses ingérées et les mortalités suivant les sexes.
La courbe Y = 2,3 x + 3,2 est relative aux femelles.
La courbe Y = 1,6 x + 2,9 est relative aux mâles.

Ces courbes mettent en évidence la plus forte résistance des mâles à la toxicité du produit comparativement à celle des femelles. La D. L. 50 passe de 5,7 mg/kg ± 1,2 pour ces dernières, à 19,1 ± 2,7 mg/kg, pour les Rats de l'autre sexe, et en outre, les temps de survie moyens obtenus avec les doses de 42 mg/kg pour les mâles, et 22,7 mg/kg pour les femelles, sont sensiblement les mêmes.

En résumé, dans les conditions de nos essais, la dose de parathion assurant une mortalité de 50 p. cent (D. L. 50), est de 5,7 ± 1,2 mg/kg pour les Rats blancs femelles, et de 19,1 ± 2,7 mg/kg pour les Rats blancs mâles.

*Note reçue pour publication le 1er mars 1954.*

# DOCUMENTATION

## PATHOLOGIE VÉGÉTALE

Black (L. M . — **Plant virus tumors.** (Tumeurs provoquées par des virus de plantes). *Ann. New-York Ac. Sciences.* LIV, 6, 1067-1075, 1952.

Il existe plusieurs types de tumeurs d'origine virologique chez les plantes. Les énations ont une structure organoïde (Kroepek et Rosette du Tabac, Mosaïque de Tabac chez *Nicotiana paniculata* et *N. tomentosa*). D'autres tumeurs ne sont pas organoïdes par exemple, celles de la maladie de Fiji de la Canne à Sucre, de la « Wallaby cardisease » du Maïs, du « Clubroot » du Tabac, et de la maladie des tumeurs de blessure (wound tumor). Seules les tumeurs apparaissant dans cette dernière maladie sont susceptibles d'une croissance inorganisée indéfinie. Le Crown gall est exclu de cette étude, son origine virologique n'étant pas démontrée. Le virus des tumeurs de blessures a été appelé *Aureogenus magnivena* parce que l'auteur avait pensé au début qu'il avait des affinités avec le virus de yellow-dwarf de la Pomme de terre. Il est aujourd'hui revenu sur cette opinion. L'insecte vecteur est une Cicadelle, l'*Agalliopsis novella* qui se développe très bien sur le Trèfle incarnat auquel elle transmet la maladie. La maladie a pu être produite sur 43 espèces végétales appartenant à 20 familles différentes.

L'auteur décrit les symptômes : hypertrophie des nervures et tumeurs ligneuses sur les racines, souvent unies à d'autres symptômes d'importance secondaire. Les tumeurs les plus importantes ont été observées sur un *Rumex* et le *Melilotus alba*. Les tumeurs tirent leur origine de la partie du péricycle opposée au liber primaire et immédiatement adjacente à l'endoderme (chez le Trèfle incarnat). Il se différencie d'abord du liber anormal dans la partie basale et profonde de la tumeur, puis du xylème anormal dans la partie apicale ou externe. La croissance de la tumeur est ensuite arrêtée, l'apex étant encapsulé par des trachéïdes. Le développement ultérieur n'a pas été bien débrouillé. Les tumeurs bien développées contiennent des groupes de trachéïdes parfois reliés entre eux par des trachéïdes ramifiés. Le xylème est entouré par des cellules de parenchyme ou de méristème qui englobent des traînées du liber. Certaines tumeurs de Rumex proviennent du cambium. D'autres proviennent du liber des nervures des feuilles. Les cellules tumorales contiennent fréquemment, chez certaines espèces, des inclusions intra-cytoplasmiques appelées sphérules. Elles peuvent atteindre 4 $\mu$ de diamètre ; généralement homogènes elles peuvent cependant être vacuolisées. Elles n'ont pas le caractère des lipides et sont riches en arginine. Elles sont Feulgen négatives et fixent la safranine, la pyronine, et la fuchsine commes les nucléoles. On peut les différencier de ces derniers par un traitement à l'acide nitreux, ribonuclease-azur A. Elles sont peut-être pourtant d'origine nucléolaire.

La transmission n'a été réalisée qu'à l'aide d'insectes vecteurs ou par greffage. Entre 25° et 32°5 le virus présente une période d'incubation de 13 à 15 jours chez l'insecte vecteur, 30 jours à 20°. Les insectes peuvent être inoculés mécaniquement. Ceci a permis de démontrer que le virus s'y multiplie.

Il y a là 2 p. 100 de transmission à la descendance par les œufs. Les propriétés du virus sont indiquées. Les blessures jouent un rôle important pour la formation des tumeurs (blessures accidentelles, points de ramification des tiges, sorties de racines latérales, etc...). Le tissu tumoral a pu être cultivé *in vitro*. Il se multiplie indéfiniment sans se différencier. L'auteur estime que les tumeurs de blessures se rapprochent par certains caractères du carcinome de la mamelle des souris.

P. L.

YARWOOD (C. E.). — **Pressure effects in fungus and virus infections.** (Effets de la pression sur les infections provoquées par des champignons et des virus). *Phytopatho.*, XLIII, 2, 70-72, 1953.

Le fait de soumettre des feuilles de Haricot à une pression de 0,7 à 17 kg par cm², 12 à 48 heures après l'inoculation de la Rouille du Haricot, de la Rouille de Muflier, de la Rouille du Soleil, du Mildiou de l'Epinard et de l'Anthracnose du Haricot provoque une guérison de la partie infectée, cette guérison étant d'autant plus complète que la pression était plus forte. Au contraire la compression des feuilles de Haricot immédiatement avant ou après l'inoculation du virus de la Mosaïque de Tabac, du virus du Ring spot du Tabac et du virus de la Nécrose de Tabac augmente la proportion d'infection.

P. L.

HOLMES (F. O.). — **Geographical isolation of some viral diseases.** (Isolement geographique de certains virus.) *Plant. dis. rep.* Suppl. 211, 37-42, 1952.

Certains virus sont répandus dans le monde entier. Leur expansion semble devoir être attribuée à des échanges commerciaux. D'autres sont essentiellement localisés : le cas type est celui de la Jaunisse du Pêcher. Ce virus n'a été découvert que chez le Pêcher et des Rosacées très voisines. On ne lui connait qu'un seul insecte vecteur (une Cicadelle) et il n'est répandu qu'en Amérique du Nord, encore n'atteint-il pas la Côte du Pacifique où les Pêchers sont abondants. D'un continent à l'autre une même plante peut être atteinte par des virus très différents : ainsi la Betterave est attaquée par le virus du curly top en Amérique du Nord et par celui de la Jaunisse en Europe. Il est vrai que ce dernier vient d'être signalé aux Etats-Unis.

Les virus très répandus l'ont été par l'homme : virus du Concombre avec les bulbes de Lis et de Glaïeul, virus du « Tomato spotted-wilt » avec les tubercules de Dahlia, virus de la Mosaïque de Tabac avec les tabacs manufacturés, virus de la Mosaïque de Haricot et de la Mosaïque de la Laitue avec les graines. L'auteur estime que de nombreux virus pourraient encore être répandus par des moyens analogues si l'on n'y prend garde. L'introduction du virus du Ring-spot du Tabac est probablement récente et a dû se faire par des graines de Pétunias. Lorsqu'une maladie nouvelle est introduite dans une culture, l'expérience montre qu'elle a le temps de faire d'importants dégâts avant que la lutte ne puisse être mise au point : (ex. Mosaïque de la Canne à Sucre à l'W. de l'Inde et aux Hawaï ; Curly top de la Betterave à Sucre en Amérique). Il faut tenter de prévenir. L'insecte vecteur de la maladie de Fiji de la Canne à Sucre existe aux Hawaï. Des efforts ont été faits pour parer à l'éventualité de son introduction. On est très désarmé devant certains virus : aucun gène de résistance à ceux de la Jaunisse de Pêcher, de la Rosette de l'Arachide et de la Jaunisse de la Betterave n'a encore été mis en évidence.

*A priori*, il est très difficile de prévoir les chances d'implantation d'un virus d'origine exotique dans une contrée donnée : quantité de facteurs doivent intervenir pour permettre son établissement. Des mesures doivent donc toujours être envisagées. Dans le « Corn belt », la grande région de culture de Maïs aux Etats-Unis, les maladies à virus de cette plante ne sont pas encore établies. L'insecte vecteur de la maladie du « Maize stripe » y est présent. On se prépare à mettre en œuvre des moyens de lutte contre l'introduction du virus. De même en ce qui concerne le Cotonier si le « leaf curl » passait d'Afrique en Amérique. Enfin la lutte contre la Jaunisse de la Betterave aux Etats-Unis justifie d'importantes dépenses.

L'auteur envisage ensuite les méthodes de lutte et l'établissement de quarantaines. On oublie de s'intéresser à des maladies de faible intensité, susceptibles cependant de causer des pertes non négligeables. On estime à 2 p. 100 les pertes provoquées par la Mosaïque de Tabac. Ceci est inférieur à la réalité et représente pourtant 20 millions de dollars pour les Etats-Unis. Les pertes dûes au virus X de la Pomme de terre sont de l'ordre de 9 à 22 p. 100. Ce virus à peu près généralisé aux Etats-Unis est donc très important bien que les symptômes soient très faibles ou nuls. Les trois virus les plus importants au point de vue économique seraient aux Etats-Unis le virus X de la Pomme de terre, le virus de la Mosaïque de Tabac et le virus de la Mosaïque de Concombre.

P. L.

THUNG (T. H.). — **Herkenning en genezing van enige virusziekten.** (Diagnostic et thérapeutique de certaines maladies à virus.) *Inst. voor. Plantenzick*, Wagening, L, 714-721, 1952.

Les expériences réalisées avec les techniques de KNIGHT, LINDNER, WEEHS et KIRKPATRICK et HINO montrent que celles-ci ne sont pas applicables au diagnostic des maladies à virus des Framboisiers, Cerisiers, Fraisiers rencontrées en Hollande. La guérison d'œillets atteints de Mosaïque avec diverses substances chimiques, signalée par RUMLEY et THOMAS n'a pu être confirmée. La guérison de tubercules de Pommes de terre infectés par l'Enroulement a été obtenue en traitement par la chaleur, ainsi que l'a indiqué KASSANIS. Des mutations apparaissaient également dans le matériel traité. Des Framboisiers atteints de stunt ont été également guéris par la chaleur.

P. L.

BLACK (L. M.). — **Occasional transmission of some plant viruses through the eggs of their insect vector.** (Transmission occasionnelle de certains virus de plantes par l'intermédiaire des œufs de leur insecte vecteur.) *Phytopatho.*, XLIII, 1, 9-10, 1953.

Des femelles d'*Agalliopsis novella* sur des Trèfles incarnats infectés par le virus des tumeurs de blessures produisent 1,8 p. 100 d'individus infectés dans la descendance. L'*Agallia constricta* sur des Trèfles incarnats infectés par le virus du Yellow-dwarf ont fourni 0,8 p. 100 d'individus infectés dans la descendance.

P. L.

TAKAHASHI (W. N.) et MAMARU ISHI. — **The formation of rod shaped particles ressembling Tobacco Mosaic virus by polymerization of a protein from mosaic diseased Tobacco leaves.** (Formation de particules en forme de

bâtonnets ressemblant à celles du virus de la Mosaïque du Tabac, formées par polymerisation d'une protéïne existant dans les feuilles de Tabacs infectés.) *Phytopatho.*, XLII, 12, p. 690.

TAKAHASHI et ISHII ont montré l'existence, chez les Tabacs infectés par le virus de la Mosaïque du Tabac, d'une protéïne macromoléculaire anormale distincte du virus. Les auteurs ont pu obtenir sa polymérisation en bâtonnets en l'absence de cellules vivantes. L'auteur donne la technique d'extraction. La possibilité de polymériser cette protéïne sous forme de particules en bâtonnets de même diamètre que celles du virus, jointe à une assez grande similitude des propriétés physiques, chimiques et sérologiques conduit à supposer que les particules de virus proviennent peut-être d'un arrangement ordonné de la protéïne X.

P. L.

ROSS FRANH (A.). — **Physalis floridana as a local lesion test plant for Potato virus Y.** (Le *Physalis floridana*, hôte à lésions locales, pour l'étude du virus Y de la Pomme de terre.) *Phytopatho.*, XLIII, 1, 1-8, 1953.

Le *Physalis floridana* peut être utilisé comme hôte à lésions locales pour le virus Y de la Pomme de terre à condition d'être inoculé pendant le début de la floraison et que les plantes aient été maintenues en état de croissance vigoureuse et en jours longs. Le carborundum, l'ombrage et les températures post-inoculatoires de 18° à 21° favorisent les lésions. Il ne se forme plus de lésions à partir de 26°. L'usage de borate à 0,1 M (pH 8) permet d'obtenir davantage de lésions, mais il faut rincer dans le délai d'une minute après l'inoculation pour éviter des effets dangereux sur les feuilles. En comparant des inoculums de concentrations connues, les auteurs ont constaté que les lésions locales amenaient à des estimations dont l'erreur dépassait rarement 10 p. 100.

P. L.

ROLAND (G.). — **Quelques recherches sur l'Enroulement de la Pomme de terre. (Solanum virus 14 Appel et Quanjer)**. *Parasitica*, VIII, 4, 150-158, 1952.

Le *Rhopalosiphoninus latisiphon* DAV. se multiplie souvent sur les germes de la Pomme de terre. L'auteur estime, contrairement aux travaux de VOEK que cet insecte est vecteur du virus, bien que beaucoup moins efficace à ce point de vue que le *Myzus persicae*. L'auteur a essayé comme plantes tests *Physalis angulata*, *P. floridana*, *Datura Stramonium* et *D. tatula*. Le *Datura Stramonium* s'est montré tolérant. Les trois autres espèces ont réagi par des symptômes nets. Le *P. angulata* s'est montré la meilleure plante test (plantes plus petites que les témoins, feuilles de la base mauves, cassantes et enroulées en cuillère vers le haut).

Des essais de destruction du virus dans les tissus par chauffage ont été réalisés. Les essais par trempage dans l'eau chaude ont donné des résultats entièrement négatifs. Le chauffage à l'étuve à 37°5 pendant 25 jours en atmosphère humide a permis la guérison d'un certain pourcentage de tubercules, mais non de tous. Il se pourrait également que le chauffage à 45° pendant 5 jours permette, dans quelques cas, de guérir un certain pourcentage de plants. La technique ne peut donc être recommandée en pratique. Dans une Station de recherches pourvue de l'outillage nécessaire, elle peut permettre de reconstituer des noyaux sains de variétés totalement contaminées.

P. L.

SOLIMAN (A. A.). — **The relation between the leaf roll virus and net necrosis of potatoes.** (Relations entre le virus de l'Enroulement de la Pomme de terre et la nécrose en réseau des tubercules.) *Ann. potato Journ.*, XXX, 1, 1-5, 1953.

L'auteur étudie les relations entre la « net necrosis » ou nécrose en réseau du tubercule et le virus de l'Enroulement de la Pomme de terre. En présence du seul virus de l'Enroulement la proportion de « net necrosis » était de 20 p. 100. Le virus X augmente peut-être légèrement cette proportion. Au contraire les virus Y et A, lorsque leur infection précède celle de l'Enroulement, empêcheraient la net necrosis. Celle-ci a été ramenée à 8 p. 100 en présence de virus Y et à 5 p. 100 en présence de virus A. La proportion de tubercules nécrosés dépend du stade de développement des tubercules au moment de l'infection. Elle atteint son maximum si l'infection prend place au milieu de la saison. La replantation de tubercules malades ne parait pas fournir de net necrosis dans la descendance. P. L.

COCKHERHAM (G.). — **Breeding for resistance to potato viruses.** (Recherche de variétés de Pommes de terre résistantes aux virus.) *Proc. conf. Potato virus diseases.* Wageningen-Lisse, 1951, 37-39, 1952.

L'auteur rappelle les principes de la « field immunity » aux virus X, A, B, C. Les réponses léthales au virus Y existent dans certains clones de Pommes de terre, mais n'ont été étudiées en détail que chez *Solanum simplicifolium* C. P. C. 51 A et *S. demissum* C. P. C. 2 167. Dans ces clones l'infection par le virus Y cause une mort rapide. Il ne s'agit pourtant pas d'une « field immunity ». Au contraire ces plantes sont très sensibles à l'infection et celle-ci se généralise. Le caractère nécrotique est dominant et *S. simplicifolium* est hétérozygote pour ce gène. Chez *S. demissum* il s'agit aussi d'un gène dominant, mais l'espèce est homozygote.

Les gènes de ces deux origines ont été transferrés sur du matériel tétraploïde par hybridation interspécifique. Le caractère nécrotique se retrouve incomplètement. Ces gènes perdraient leur effet dominant dans le matériel tétraploïde et ils seraient identiques à ceux qui produiraient les réactions nécrotiques chez les variétés cultivées. Le linkage entre les gènes Nx et Na et les relations entre Nc et les déterminants de la bigarrure non léthale de virus Y chez les variétés cultivées ont déjà été signalés. Dans le matériel dérivé de *S. brevimucronatum*, *S. jujuyense* et *S. saltense* les relations de linkage entre Nx et Na ont été établies. Chez *S. simplicifolium* le gène Na est linké avec Nc et Ny. Ainsi avec de tels linkages existant dans des matériaux variés et avec Na et Nc comme facteurs communs, il semble qu'on ait matière à obtenir un linkage unique pour les gènes déterminant la réponse nécrotique à la plupart des virus des groupes X, A et Y, sinon à tous. Bien que la « field immunity » soit particulièrement intéressante, il existe d'autres formes de résistance. La variété américaine U. S. 41 956 et certains clones de *S. acaule* sont immuns vis-à-vis du virus X. Le *S. Rybinii* C. P. C. 979 et certaines espèces de la section *Longipedicellata* sont hautement résistants au virus Y. P. L.

NATTI (J. J.), KIRKPATRICH (H. C.) et ROSS (A. Frank). — **Host range of potato leaf roll virus.** (Spectre d'hôtes du virus de l'Enroulement de la Pomme de terre.) *Ann. Potato journal*, XXX, 3, 56-64, 1953.

L'auteur estime que la facilité de transmission du virus de l'Enroulement

à toutes les espèces et variétés de Pommes de terre est une indication permettant de supposer que ce virus ne se développait pas originellement sur cette plante et que celle-ci n'avait pas subi son action avant son introduction sur l'ancien continent. Il ne faut cependant pas oublier que les Pommes de terre sauvages n'ont pas été suffisamment testées. Si l'on y trouvait des types résistants le problème en serait avancé. Il convient également de rechercher si certains hôtes peuvent fonctionner comme réservoirs de virus.

L'auteur passe en revue la littérature et donne le compte-rendu de ses essais. La sensibilité a été étudiée chez 150 espèces réparties dans 39 familles. Etaient considérées comme sensibles celles où le virus pouvait être réisolé 3 à 6 semaines après l'inoculation en utilisant comme plantes tests : *Physalis floridana*, *P. angulata* et *Datura Stramonium*. Neuf espèces d'Amaranthacées ont été testées, toutes étaient sensibles. En dehors de celles-ci *Nolana lanceolata* était la seule plante étrangère à la famille des Solanacées qui se soit montrée sensible. De nombreuses Solanacées se sont montrées sensibles, certaines sans symptômes. La plupart des mauvaises herbes sensibles sont annuelles et le virus ne s'y transmet pas par la graine. Elles ne sont donc pas des réservoirs. Cependant quelques Solanacées sensibles sont vivaces : par exemple *Solanum carolinense* qui est une mauvaise herbe commune dans certaines régions.

L'auteur n'a pu confirmer l'indication de SALAMAN et WORTLEY d'après lesquels les *Matthiola*, *Campanula*, turnips et choux de Bruxelles seraient sensibles au virus. Ceci semble indiquer au moins qu'il est difficile de les infecter et que ces plantes ne doivent guère jouer de rôle pour l'hibernation du virus.

P. L.

NATTI (John J.). — **Symptoms produced on tomato by potato leaf roll virus.** (Symptômes provoqués sur la Tomate par le virus de l'Enroulement de la Pomme de terre.) *Phytopatho.*, XLIII, 2, p. 109, 1953.

Symptômes en serre. Sur des plantes inoculées à l'aide de pucerons 14 jours après l'inoculation on observe une chlorose des jeunes feuilles dont la gravité augmente ensuite en direction du sommet. Ces folioles jaunies sont de dimensions réduites ; 20 jours après l'inoculation les bords des folioles s'enroulent vers le haut. Lorsque la plante mûrit les folioles enroulées prennent la consistance du cuir et développent une chlorose et des pigments anthocyaniques entre les nervures. Les fruits présentent des anomalies de forme et sont moins abondants sur sur les plantes saines. Les racines adventices stimulées par l'acide alpha naphtyl acétique dans la lanoline en application à la partie inférieure de la tige sont fortement inhibées. Des zones nécrosées dans le liber donnent une réaction positive au test de la phloroglucine.

P. L.

HIRTH (L.) et DROUHET (E.). — **Inhibition du virus de la Mosaïque du Tabac par le polyoside capsulaire de Torulopsis neoformans.** *Ann. I. P. L.*, XXXIV, p. 437, 1953.

Etude du pouvoir inhibiteur sur le virus de la Mosaïque de Tabac, d'un polyoside extrait d'une levure pathogène pour l'homme (*Torulopsis neoformans*). Les essais réalisés par numération des lésions locales sur le *N. glutinosa* montrent que ce polyoside exerce une action inhibitrice nette à la concentration de 5 p. 1000 (24 heures de contact avec le virus). Cette inhibition est plus forte aux pH bas (pH 3) qu'aux pH élevés (pH 6,2). En comparaison on a

essayé l'action d'autres polyosides : amidon, inuline, glycogène. Seul le glycogène est doué d'une certaine action, mais à une concentration 10 fois plus élevée que le polyoside du *Torulopsis*. L'action du polyoside sur le pouvoir antigénique du virus a été étudiée par la méthode sérologique. Aucune modification de pouvoir antigénique n'a été observée.

P. L.

BJÖRLING (Karl). — **On the significance of different vectors of sugar but yellows.** (Sur l'importance relative de différents insectes recteurs du virus de la jaunisse de la Betterave.) *Acta. agricult. Sacandinavica.*, II, 3, 258-278, 1953.

Les opinions relatives à l'importance comparée de l'*Aphis fabae* et du *Myzus persicae* comme vecteurs de la Jaunisse de la Betterave sont très variées. Etudiant le problème dans les conditions où il se pose en Suède, l'auteur estime qu'il faut distinguer l'expansion primaire de la maladie dans les champs et son développement secondaire à l'intérieur du champ. Ce dernier est fondamental au point de vue du développement final de la maladie. Le rôle de l'*Aphis fabae* à ce point de vue serait insignifiant. C'est le *Myzus persicae* qui jouerait le rôle fondamental pour le développement de la maladie.

P. L.

TJALLINGII (F.). — **Onderzoekingen over de Mozaiekzickte van de augurk** (Cucumis satius L.). Recherches sur la Mosaïque du Concombre (*Cucumis sativus L.*), *Inst. vor Plantenziek*, 47, 117 p., 1952.

Ce travail très important a été effectué à la suite d'une enquête ayant montré que le flétrissement du Cornichon, dont les dégâts sont importants aux Pays-Bas, n'est généralement pas lié à l'infection par des bactéries ou Champignons, mais parait un symptôme de l'infection par le *Cucumis virus* 1 (= *Marmor cucumeris*). L'auteur étudie en détail la Mosaïque du Cornichon et les propriétés du virus. Celles-ci permettent de l'identifier du virus 1 du Concombre, ce qui est confirmé par prémunition croisée avec la souche indicatrice n° 6 de PRICE. Le *Myzus persicae* est le vecteur essentiel. Les sources permanentes de virus les plus actives ne sont pas les plantes ornementales, mais des plantes de marécages. Quatre plantes hôtes nouvelles sont mises en évidence : *Matthiola incana, Mercurialis annua, Scrofularia nodosa* et *Valeriana officinalis.* Les deux dernières sont des plantes vivaces communes dans les centres de culture, leur rôle comme hôtes d'Hiver reste pourtant incertain car on ne les a pas trouvées infectées au champ et que par ailleurs les essais de transmission du virus au Cornichon à partir de ces plantes ont échoué.

Le flétrissement causé par la Mosaïque est fréquent dans les champs, plus rare en serre. Il y a une relation entre le flétrissement et les symptômes de nécrose et la température. Après la contamination du Cornichon se place une *période critique* qui se termine peu de jours avant la fin de l'incubation ou quelques jours après. Le type des symptômes est commandé par la nature des conditions externes qui sévissent durant cette période critique. Par temps chaud (temp. max. $\geqslant 25^o$) et ensoleillé il apparaît seulement une Mosaïque ; par temps couvert et frais (temp. max. $\leqslant 20^o$) il apparaît un flétrissement souvent mortel. Dans des conditions intermédiaires on observe des flétrissements partiels ou de graves nécroses. On sait d'ailleurs depuis longtemps que le flétrissement apparaît surtout après une période de pluie.

On ne peut pas donner pour l'instant d'explication physiologique du flé-

trissement. Celui-ci semble pourtant en corrélation avec la concentration en virus. Il n'a pas été possible de trouver de variétés de Cornichon résistantes. Des essais ont été entrepris en vue de rechercher la tolérance.

P. L.

POSNETTE (A. F.). — **Heat inactivation of Strawberry viruses.** (Inactivation par la chaleur de certains virus de Fraisiers.) *Nature* 171, 4 346, p. 312, 1953.

La sélection du Fraisier suppose que l'on dispose d'une réserve saine. Malheureusement, à l'exception de la création récente *Auchincruive climax*, toutes les variétés cultivées sur une large échelle présentent au moins un « mild crinkle ». Les essais de thermothérapie de l'auteur ont débuté en 1950. Des essais au bain-marie ont fourni des résultats peu encourageants. Dans d'autres séries d'essais des plantes en pots étaient maintenues à 37° plus ou moins 2° pendant cinq à douze jours. Les tentatives de transmission par insectes et par greffage ont montré qu'il y avait eu inactivation du virus chez des plantes appartenant aux variétés *Early Cambridge*, *Huxley's giant* et *Perle de Prague*. La propagation de ces clones est poursuivie ainsi que des essais sur d'autres variétés. Les conditions d'inactivation ont été précisées. Il faut au moins 33° maintenus pendant six jours. Les meilleurs résultats sont obtenus en 8 jours à 37°, mais certaines plantes meurent. Celles-ci ne peuvent survivre plus de 11 jours à cette température.

Trois virus ont été inactivés :

*a*) un virus non décrit provoquant de graves nécroses foliaires sur *Royal Sovereign* et une prolifération de bourgeons sur *F. vesca.*,

*b*) le virus 1 (mild crinkle) ;

*c*) le virus 3 (Crinkle).

Le virus du *Yellowedge* (virus 2) n'a pas été inclus dans les essais.

Des plantes supposées infectées par un seul virus d'après les essais avec vecteurs et greffage en contenaient au moins deux dont l'un était inactivé plus rapidement que l'autre. On observe parfois une resurgence de virus au bout de 3 mois chez des plantes que l'on croyait guéries (localisation dans les tissus profonds).

Les plantes survivent à 37°, 3 jours de plus à la lumière qu'à l'obscurité. L'eau chaude les tue plus vite que l'air chaud et enfin l'arrosage journalier favorise leur survie. Les plantes bien enracinées résistent mieux que les plantes récemment empotées. Les variations de survivance des diverses variétés tiennent surtout à leurs différences de sensibilité à certains champignons tels que le *Botrytis cinerea*. Un plus grand nombre de plantes résistent dans un milieu stérile (vermiculite) que dans un sol stérilisé à la vapeur.

P. L.

RAYCHAUDHURI (S. P.). — **Studies on Bayberry yellows.** (Recherches sur la Jaunisse du Myrica carolinensis.) *Phytopath.*, XLIII, 1, 15-20, 1953.

Ce virus a été transmis par greffage et à l'aide de deux Cuscutes (*Cuscuta campestris* et *C. subinclusa*), mais non par voie mécanique. Les essais de transmission par des Cicadelles (10 espèces testées) et par la graine ont échoué. Le spectre d'hôtes paraît étendu ; outre le *Myrica carolinensis*, le virus peut infecter en outre : *Vinca rosea*, *Daucus carota*, certaines Composées, Légumineuses, Solanées (dont le Tabac et la Tomate), le Pêcher, etc... avec des symptômes de Jaunisse (sauf sur les Cuscutes). La maladie est curable par la chaleur

sur le *Vinca rosea* (au moins 6 jours à 41°5-42°). Ce virus est distinct de tous les virus de jaunisse décrits jusqu'à présent. L'auteur le désigne sous le nom de : *Chlorogenus Myricae* ou *Myrica virus 1.* P. L.

POSNETTE (A. F.) et HARRIS (R. V.). — **Virus diseases of fruit crops.** (Maladies à virus des cultures fruitières.) *Nature Lond.*, CLXXX, 4 318, 181-182, 1952.

Revue des maladies à virus des Fraisiers et arbres fruitiers en Angleterre A noter en particulier que des Fraisiers auraient été grüéris par la chaleur de virus du groupe 1 à East Malling. Sur le Cerisier les maladies connues sous les noms de « tatter leaf », « rosette » et « reestly mottle » ont réduit de 20 p. 100 environ en deux ans la vigueur du clone F 12 /1 de porte-greffes. Le « rasp leaf » a eu des effets plus graves sur certaines variétés commerciales, mais non sur F 12 /1. Le « ring spot » a été observé sur des porte-greffes mazzard, mais les jeunes plantes atteintes paraissent pouvoir être éliminées à vue. Les porte-greffes de Prunier sont surtout porteurs sans symptômes d'un virus largement répandu sur le Prunier commun et Mariana et moins répandu sur Myrobolan B et Brompton. Les symptômes de « vein banding » ou en lignes sinueuses observés sur les variétés utilisées comme greffons paraissent provoqués par plusieurs virus, tandis que les symptômes de « leaf roll » et de déchirure d'écorce, récemment découverts, paraissent présenter un danger potentiel sur certaines variétés. Certaines souches de porte-greffes de Pommiers MI et MIX sont porteuses sans symptômes du virus du « rubbery wood ». P. L.

GILPATRICK (J. D.) et WEINTRAUB (M.). — **An unusual type of protection with the carnation mosaic virus.** (Sur un type inhabituel de protection (contre les inoculations) observé avec la Mosaïque de l'Œillet.) *Science*, XCV, 3 000, 701-702, 1952.

L'auteur a constaté, sur deux clones de *Dianthus barbatus* réagissant à l'inoculation du virus de la Mosaïque de l'Œillet par production de lésions locales, que les feuilles d'aspect sain des plantes inoculées étaient à peu près complètement immunes. (Nombre de lésions locales pratiquement nul par rapport à celui obtenu en inoculant des feuilles témoins prélevées sur des plantes non inoculées). Les feuilles ainsi immunisées ne paraissent pas contenir de virus, car leurs extraits ne permettent pas d'inoculer une plante saine, or la limite de dilution du virus est inférieure à $10^{-5}$. Le type d'immunité acquise observé ici n'est pas une prémunition. Il n'a jamais été observé jusqu'à présent.
P. L.

MARAMOROSCH (Karl). — **Studies on the nature of the specific transmission of Aster yellows and corn stunt viruses.** (Recherches sur la nature et la transmission spécifique des virus de la Jaunisse des Reines Marguerite et du « strunt » du Maïs.) *Phytopatho.*, XLII, 12, 663-668, 1952.

Les essais de l'auteur en vue de transmettre les virus de l' « Aster Yellows » et du stunt du Maïs (Corn stunt) avec des insectes autres que les Cicadelles vectrices (qui sont le *Macrosteles divisus* (pour l'Aster Yellows) et le *Dalbulus maidis* (pour le stunt)) ont échoué. Ces virus se multiplient dans l'organisme des insectes vecteurs. Chez les espèces non vectrices étudiées, la multiplication paraît nulle ou tout au plus très faible. La possibilité de multiplication du virus paraît nécessaire pour qu'un insecte soit vecteur. Ceci n'exclue pas l'ac-

tion d'autres facteurs tels que la perméabilité du tube digestif (exp. de Storey sur *Cicadulina mbila*, agent du streak du Maïs et de Menil et Toenbreck par la même technique sur l'*Aedes aegypticus* agent du virus de l'encéphalomyélite, souche de l'Est alors que cet insecte ne transmet normalement que la souche de l'Ouest. La loi mise en évidence s'applique probablement à d'autres virus du même type. (Virus se multipliant chez l'insecte vecteur).

P. L.

NOORDAM (D.). — **Virusziekten bij Chrysantors in Nederland.** (Les maladies à virus du Chrysanthème aux Pays-Bas.) *Res. anglais, Tijd. over Plantenziek*, 58e année, 5, 121-189, 4 pl. color, 1952.

Depuis 1945 l'importance des maladies à virus du Chrysanthème s'est beaucoup accrue aux Pays-Bas probablement en relation avec l'importation de nouvelles variétés, en provenance de l'Angleterre et, à un moindre degré, des Etats-Unis. L'étude de 400 plantes malades réparties parmi 116 variétés a permis d'isoler plusieurs virus. Deux sont très fréquents : *virus 1 du Concombre* et *virus b*. Les deux autres sont le virus du *stunt* et le *virus C*. Les symptômes du *virus 1 du Concombre* peuvent atteindre les feuilles, les fleurs ou les deux à la fois. On peut observer sur les fleurs des décolorations et des déformations. Le *virus b* est parfois latent. Il provoque souvent des symptômes sur les feuilles ou les fleurs ou sur ces deux sortes d'organes suivant les variétés et les souches de virus.

On trouvera, dans le mémoire, des indications relatives aux modes de réactions des diverses variétés en présence des virus étudiés. Sur les feuilles, on observe des Mosaïques, lignes circulaires, nécroses, déformations, etc... Sur les fleurs des modifications de coloration (virage au jaune des fleurs rouges, bronzées ou brunes, virage au blanc des fleurs mauves, rouge clair ou roses) d'ailleurs rares sur les variétés à fleurs jaunes et toujours absentes sur les blanches ; il y a parfois déformation des languettes. Les principales propriétés des virus incriminés ont été étudiées. (Symptômes sur les hôtes différentiels, propriétés physiques, sérologie.)

La souche de virus 1 du Concombre isolée du Chrysanthème se distingue par des symptômes particuliers sur le Concombre, le Pétunia et le *Nicotina glutinosa* — (réaction faible ou nulle sur le Concombre, déformations spéciales sur les deux autres plantes). La température d'inactivation est comprise entre 65° et 70°. A 23°-25° l'inactivation apparaît en 12 heures, parfois en 2 heures. La microscopie électronique a révélé des particules arrondies de dimensions variables (20-150 mμ), les plus grosses résultant probablement de l'agrégation de particules plus petites.

Le virus peut être détecté chez les plantes malades avec un sérum antivirus 1 du Concombre par microprécipitation (sérum saturé par 3 à 7 parties de jus sain). Les réactions sérologiques croisées et la prémunition croisée montrent bien qu'on a affaire au virus 1 du Concombre, mais il s'agit d'une souche particulière. La transmission par le *Myzus persicae* a été obtenue après un repas de 2 minutes sur plante malade.

Le *virus b* est étudié en détails. Le *Petunia hybrida nana compacta* est une bonne plante indicateur (lésions locales en 3 semaines) à condition que le virus 1 du Concombre soit absent. Température d'inactivation 70°-80° en hiver, baissant parfois à 50°-70° à d'autres périodes de l'année. Le pouvoir infectieux des jus s'accroît par chauffage en présence de $SO^4Na^2$ puis tombe brusquement à 60° ou 70°. Un immunserum a été obtenu. Des particules en

bâtonnets de 30 mμ sur 600 mμ ont été rapportées au virus. Le *virus du stunt* a été mis en évidence par greffage sur la variété *Blazing gold*. Le *virus C* n'a été trouvé que sur une plante et n'est pas bien connu. Enfin le *virus du spotted-wilt* de la Tomate n'a pas encore été observé en Hollande sur les Chrysanthèmes.

P. L.

WYCHOFF (R. W. G.). — **Formation of the particules of influenza virus.** (Formation des particules du virus de l'influenza.) *Journ. Immunol.*, LXX, 2, 187-196, 1953.

L'auteur a déjà rendu compte d'essais préliminaires relatifs à l'examen au microscope électronique de fines sections de tissus infectés par le virus de l'influenza. Cette étude porte sur la recherche de l'origine des particules sphériques et filamenteuses qui sont les constituants essentiels des suspensions purifiées par ultra-centrifugation et que l'on reconnait en général comme représentant les unités infectieuses. L'auteur a observé la présence de ces deux catégories de particules le long de la membrane des cellules chorioallantoïdiennes, mais jamais à l'intérieur. Certaines photographies donnent l'impression extraordinairement suggestive, que les particules se forment comme des excroissances du cytoplasme faisant saillie à l'extérieur. Aux très forts grossissements on a l'impression que la texture interne des particules est identique à celle du cytoplasme et en continuité avec celui-ci. Les particules naîtraient donc par fragmentation du cytoplasme. Les particules sphériques paraissent provenir de la fragmentation de particules en bâtonnets.

Sur les cellules saines on peut voir des protrusions, mais moins nombreuses et d'aspect différent. Cependant les cellules infectées par les virus de Rous et de la vaccine peuvent en présenter qu'il est impossible de distinguer de celles de l'influenza. On voit remarquablement sur une photographie les bâtonnets sur le bord de la cellule et, à l'intérieur de celle-ci, des particules de vaccine. L'auteur estime peu probable que ceci soit dû à un virus inapparent surnuméraire du type influenza. Il s'agirait plutôt d'une réaction cellulaire non spécifique. Dans cette hypothèse le virus de l'influenza formerait ses particules suivant un processus qui est une aggravation d'une fragmentation cellulaire susceptible d'avoir des causes différentes.

Si les particules du virus sont des fragments d'une cellule malade, il devient difficile de les considérer comme des agresseurs organisés (dans le sens de microorganismes parasites incomplets) se multipliant aux dépens de la cellule hôte. On peut cependant admettre que le cytoplasme des cellules malades est anormal et que de tels fragments, introduits dans une cellule saine provoquent une transformation, à leur ressemblance, du cytoplasme hospitalier. Ce processus est comparable au développement des bactériophages qui perdent toute individualité en pénétrant dans la cellule hôte tandis qu'ultérieurement le cytoplasme de celle-ci se différencie en particules d'ailleurs plus complexes que celles de l'influenza. L'exposé se termine par un appel à la prudence quant à l'interprétation de la nature des virus.

P. L.

*Le Directeur-Gérant* : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 1-8-1954.
*Dépôt légal : 3e trimestre 1954* *No d'impression : 385*

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES PUNAISES DES CÉRÉALES

## et en particulier *d'Eurygaster integriceps* PUT.

## (*Hemiptera, Pentatomidae, Scutellerinae*)

PAR

**Samade VODJDANI**

Ingénieur Agricole
Docteur de l'Université de Paris

---

## PLAN DU MÉMOIRE

## CHAPITRE IV

**Parasites et ennemis naturels.**

1° Hyménoptères.
2° Diptères.
3° Ennemis naturels divers.

## CHAPITRE V

**Distribution, importance économique et dégâts.**

## CHAPITRE VI

**La lutte contre les Punaises des blés.**

1° Procédés mécaniques et physiques.
2° Procédés chimiques.
3° Lutte biologique.

**Résumé.**

---

## INTRODUCTION (1)

Les *Eurygaster*, dont on connaît 14 espèces réparties dans les régions paléarctiques et néarctiques, sont des Punaises phytophages spécialement inféodées aux Graminées, dont elles sucent la tige et les caryopses encore jeunes. Quelques espèces se montrent nuisibles aux Graminées cultivées (Blé, Orge), surtout dans le bassin de la Méditerranée, dans le Moyen-Orient et en Russie du Sud, régions où elles se placent parmi les plus redoutables ennemis permanents des cultures céréalières. Leurs graves dégâts sont actuellement d'autant plus difficiles à prévenir que très peu de précisions sont connues sur l'écologie et surtout sur les très curieuses et importantes migrations saisonnières que présentent plusieurs espèces, en particulier *E. integriceps*.

La nuisibilité élevée de diverses espèces d'*Eurygaster*, ainsi que leurs

(1) Je ne voudrais pas manquer d'apporter ici mes plus vifs hommages de gratitude à M. le Professeur PESSON de l'Institut National Agronomique à Paris, pour l'accueil si obligeant qu'il m'a réservé à son Laboratoire et pour les conseils prodigués ; grâce à eux, j'ai pu conduire à bien la tâche fixée et m'initier à bon nombre de techniques particulières de recherches.

Ma reconnaissance revient également à M. le Professeur GRASSÉ, Président du Jury de thèse, puis aux nombreuses personnes ayant facilité mes études ; parmi elles je citerai particulièrement : M. le Professeur POISSON de Rennes, M M. SELLIER, ALLEGRET et GAUMONT du Laboratoire de M. PESSON, Mlle ROZET, M. RATEAU, du cadre technique de ce même laboratoire.

J'exprime toute ma gratitude aux dirigeants des organismes suivants : l'Institut National Agronomique qui m'accueillit dans ses laboratoires comme stagiaire ; le Centre National de la Recherche Scientifique qui facilita une prolongation de mon séjour en France et les déplacements ; l'Institut National de la Recherche Agronomique qui aida aux frais des travaux et assura la publication de ce mémoire.

Enfin, une reconnaissance toute spéciale est à présenter à mes compatriotes : M. le Professeur DAVATCHI de Téhéran qui me facilita les relevés dans la nature en Iran puis fut le promoteur et l'organisateur du stage en France ; mes parents, en particulier les Dr H. VODJDANI et R. VODJDANI.

écologies si particulières, ont motivé déjà bien des recherches dans le Moyen-Orient : en Syrie, Irak, Turquie, Iran et U. R. S. S. Mais les inconnues demeurent encore considérables, et il nous a paru utile d'ajouter une nouvelle contribution aux éléments acquis, surtout en étudiant en détail *E. integriceps* qui est fort mal connu dans ses habitats principaux.

Puisse la présente étude en groupant des données très éparses et en apportant de nouvelles connaissances, contribuer à la mise au point, un jour ou l'autre, d'une lutte plus efficace et acceptable sur le plan économique, tant désirée contre *E. integriceps* et, d'une manière générale, contre les diverses « Punaises des Céréales ».

Si l'on examine dans ses grandes lignes les éléments écologiques connus sur les *Eurygaster*, on peut les caractériser par les particularités indiquées ci-après.

Toutes les espèces d'*Eurygaster* ne présentent qu'une seule génération annuelle ; l'hivernation se fait au stade d'adultes immatures chez lesquels les gonades ne montrent aucun élément germinal en développement. A ce stade, les Insectes se rencontrent réunis en plus ou moins grand nombre, souvent dans les régions montagneuses (*E. integriceps*) ou dans les régions forestières (*E. maura*) de leur habitat. A la fin de l'hiver, ou au début du printemps, ces imagos effectuent une migration vers les plaines cultivées. Les céréales sont alors en herbe. Après quelques jours de nourriture, où les Insectes piquent les jeunes tiges de Graminées, on observe des accouplements. Cette période d'alimentation préalable peut varier de 10 jours à 1 mois.

La ponte commence quelques jours après la copulation (2 à 10 jours). Les œufs réunis en plaque, au nombre de 8 à 18, sont fixés sur les feuilles des céréales ou, à l'occasion, sur des supports variés, relativement plats et lisses (écorces, pierres).

La durée de la période embryonnaire, qui dépend des conditions climatiques, peut couvrir de 25 à 45 jours.

Le développement post-embryonnaire s'accomplit en 5 stades larvaires séparés par 5 mues, dont la mue imaginale. La durée du développement larvaire varie selon les espèces et les conditions climatiques locales, c'est pourquoi on ne peut indiquer de chiffre valable précis pour toutes les espèces et pour tous les climats.

Quand les larves parviennent au stade adulte, les épis de graminées sont alors à peu près complètement formés. Les adultes de la nouvelle génération poursuivent alors leurs dégâts en se portant sur de nouveaux champs à récoltes plus tardives. Les blés attaqués par les espèces nuisibles (*E. intergriceps*, *E. maura* et *E. hottentota*) présentent alors des petits points blancs sur les glumes et les glumelles et les graines se recroquevillent plus ou moins. Ces blés, dits « blés punaisés », sont impropres à la panification, car la farine manque de gluten et conserve une odeur désagréable de punaise.

C'est dans le courant ou à la fin de l'été que les adultes commencent leur migration vers les zones d'hibernage, soit dans les montagnes sous les herbes et les cailloux, soit dans les forêts sous les feuilles mortes et les écorces.

Dans certaines régions à climat chaud et sec, la migration s'effectue de bonne heure et les imagos immatures gagnent précocement les aires d'hivernage où ils passent l'automne et l'hiver, quelques fois, même une partie de l'été. Certaines espèces, en effet, notamment *E. integriceps*, effectuent une migration estivale vers les hauts sommets des montagnes (1 500-2 000 m) d'où ils redescendent sur les pentes (800-1 000 m) pour hiverner.

# CHAPITRE PREMIER

## REMARQUES SUR LE GENRE *Eurygaster* LAPORTE

Le genre *Eurygaster* a été créé par LAPORTE (1832) pour le *Cimex hottentus* de FABRICIUS. Jusqu'à ce jour, on a décrit 14 espèces (voir liste ci-après) et de multiples variétés.

En 1891, FORSTER décrit et représente une espèce fossile, forcément incomplète, sous le nom d'*Eurygaster granulosus* (Oligocène inférieur de l'Alsace). PENEAU (1911) a donné une description et un schéma hypothétique de la phylogénie des *Eurygaster* basée sur cette espèce de l'Oligocène.

### 1° CARACTÈRES FONDAMENTAUX DU GENRE

On trouve une grande variation de taille chez les *Eurygaster*, tant chez les espèces que chez les variétés : 6 mm (E. *Testudinaria*), 14 mm (E. *hottentota*).

Le corps est de forme ovalaire, plus ou moins large (fig. 1). Les côtés de la tête, du thorax et de l'abdomen forment une ligne presque continue donnant à l'insecte, vu dorsalement, un profil plus ou moins ovoïde. L'extrémité apicale de l'écusson, d'une part, la partie antérieure du pronotum et la tête, d'autre part, sont plus ou moins brusquement déclives, le corps étant toujours plus ou moins convexe dorsalement, presque plat ventralement.

La tête de forme triangulaire, est inclinée vers l'avant, plane ou légèrement déprimée en dessus, aux bords tranchants. Son extrémité antérieure est, soit échancrée par la réunion des lames mandibulaires enfermant le clypeus, soit trilobée lorsque le clypeus est ouvert et libre entre les lames mandibulaires.

Les yeux peu saillants, sont contigüs aux angles antérieurs du prono-

tum, les deux ocelles, très petits, éloignés des yeux apparaissent subcontigüs au bord antérieur du pronotum.

Les antennes, assez longues, sont insérées sur la face ventrale de la tête au niveau des yeux, au point de réunion des sutures génales et de la



FIG. 1. — Aspect général d'*Eurigaster integriceps* PUT.

suture transverse délimitant la plaque basilaire et la joue (fig. 5). Elles sont composées de 5 articles inégaux, à peu près cylindriques, le premier dépasse à peine le rebord céphalique et n'est que peu visible du dessus.

Le rostre atteint au moins les hanches postérieures, mais il dépasse très fréquemment la base de l'abdomen.

Le pronotum transverse est faiblement bombé, ses bords latéraux

sont aplatis et tranchants, ses angles antérieurs arrondis et les postérieurs nettement effacés.

L'écusson très grand atteint et dépasse même l'extrémité de l'abdomen.

Les élytres et les ailes, logés au repos sous l'écusson, n'apparaissent que par la base des cories, en dehors desquelles on observe le rebord du connexivum.

Sur la face ventrale les bords antérieurs du prothorax se prolongent médianement sous la forme de deux lames minces et légèrement saillantes

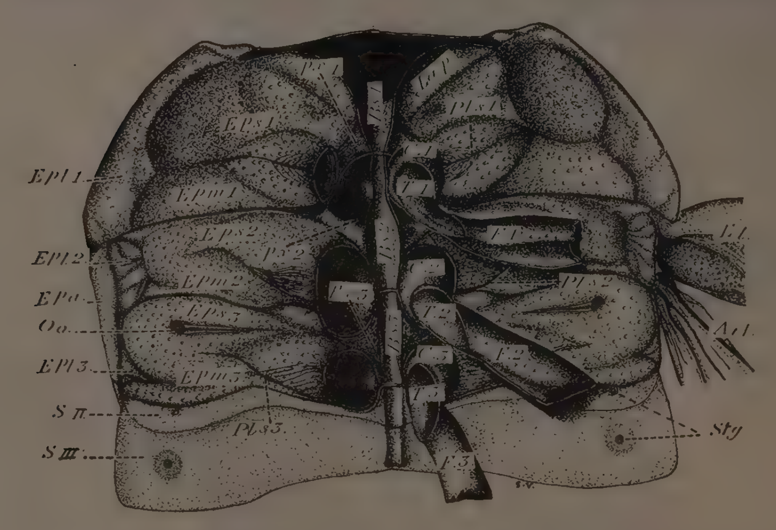



FIG. 2. — Vue ventrale du thorax, face externe. *Ail*, aile ; Bs¹, Bs², Bs³, basisternites ; *C*, coxa ; *El*, élytre ; *Epa*, épipleure élytrale ; *Epl*, épipleurites ; *Epm*, épimères ; *Eps*, épisternes ; *F*, fémur ; *Lap*, lames antepectorales ; *Oo*, orifice odorifique ; *Pls*, sutures pleurales ; *Px*, sternites précoxaux ; *S* II, *S* III, 2ᵉ et 3ᵉ sternites abdominaux ; *Stg*, stigmates abdominaux ; *T*, trochanter.

(lames antepectorales) couvrant la base de l'insertion des antennes (Lap, fig. 2). Ces lames antepectorales se prolongent ventralement en formant les côtés d'une gouttière où s'abritent au repos le rostre et les 4 derniers articles des antennes.

Sur le metasternum on distingue facilement les deux orifices symétriques des glandes odorifiques.

Les pattes sont relativement courtes et munies de quelques épines sur les fémurs et les tibias. Ces derniers sont prismatiques et granuleux à l'extrémité. Le tibia antérieur porte toujours un organe de toilette formé de 4 crochets disposés l'un sur l'autre. Le tarse tri-articulé porte deux griffes et un appendice lamelliforme.

L'abdomen, large et légèrement bombé avec des côtés tranchants, présente 6 grands sternites visibles, portant chacun une paire de stigmates.

## 2° TABLEAU SYNOPTIQUE DES ESPÈCES D'EURYGASTER

La difficulté de trouver des matériaux abondants et indispensables, ne me permet pas de donner un tableau synoptique original.

Deux auteurs ont publié des tableaux synoptiques des espèces du genre *Eurygaster* : PÉNEAU (1911) pour toutes les espèces connues à ce jour, et VIDAL (1947) pour les espèces circum-méditerranéennes. Ayant pu consulter par nous-même les collections du *Muséum National d'Histoire Naturelle* de Paris, nous nous proposons de donner ci-dessous un tableau synoptique des caractères que nous avons observés et de ceux cités par les auteurs :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Corps verruqueux (Tégument dorsal présentant de petites verrucosités irrégulières). Paramères coupés à l'extrémité d'une façon latérale en forme de crochet (fig. 3, VI, B 6) .......... | *E. hiottentota* |
| | Corps non verruqueux. Paramères tronqués transversalement à l'extrémité et présentant un prolongement des deux côtés (fig. 3, I, II, III, IV, V, VII : $B_1$, $B_2$, $B_3$, $B_4$, $B_5$, $B_7$).......... | 2 |
| 2. | Clypeus ouvert (fig. 4, A, B, D, F) (bord antérieur libre, non recouvert par les lames mandibulaires) .......... | 3 |
| | Clypeus fermé (fig. 4, C, E) (clypeus encastré totalement dans les lames mandibulaires).. .......... | 11 |
| 3. | Lames mandibulaires dépassant le clypeus (vue dorsale (fig. 4, F).......... | *E. sinica* |
| | Lames mandibulaires ne dépassant pas le clypeus (fig. 4, A, B, D).......... | 4 |
| 4. | Écusson dépassant l'extrémité de l'abdomen (fig. 4 K) .......... | *E. minor* |
| | Écusson ne dépassant pas l'extrémité de l'abdomen (fig. 4 J).......... | 5 |
| 5. | Bord latéral externe des cories fortement sinué (fig. 4 J.).......... | *E. schreiberi* |
| | Bord latéral externe des cories faiblement sinué ou droit (fig. 4 K.).......... | 6 |
| 6. | Bords latéraux du pronotum nettement convexes (fig. 4 A.).......... | *E. integriceps* |
| | Bords latéraux du pronotum droits ou à peine sinués (fig. 4, B. D. F.)....... | 7 |
| 7. | Angles latéraux postérieurs du pronotum formant un angle très marqué plus ou moins aigu (fig. 4 C. F.) .......... | 8 |
| | Angles latéraux postérieurs du pronotum fortement arrondis (fig. 4 A. E. D.) | 9 |
| 8. | Penis avec 4 cornes (2 de chaque côté) (fig. 3, VII, $A_7$). Pièces médianes de la plaque génitale de la femelle ne touchant pas le bord de la plaque (fig. 3, VII, $C_7$) .......... | *E. testudinaria* |
| | Penis avec 2 cornes (1 de chaque côté). Plaque médiane de la lame génitale de la femelle touchant le bord de la lame (fig. 3, V, $A_5$ et $C_5$) .......... | *E. maura* |
| 9. | Bords latéraux postérieurs du pronotum fortement sinués de part et d'autre de la base de l'écusson (fig. 4 D.). Extrémité des lames mandibulaires subcontiguës, l'extrémité libre du clypeus pointue s'insinuant sous les lames. mandibulaires .......... | *E. carinata* |
| | Bords latéraux postérieurs du pronotum non ou faiblement sinués de part et d'autre de la base de l'écusson. Extrémité des lames mandibulaires non sub-contiguës, extrémité libre du clypeus non pointue, ne s'insinuant pas sous les lames mandibulaires .......... | 10 |
| 10. | Espèce du nouveau Monde. Petite taille (7-9 mm). Bords latéraux du pronotum et de la tête formant une ligne non brisée.......... | *E. alternata* |
| | Espèce du Turkestan. Grande taille (12-13 mm). Connexivum large. Bords latéraux du pronotum et de la tête formant un angle obtus bien distinct (profil en ligne brisée) .......... | *E. sodalis* |

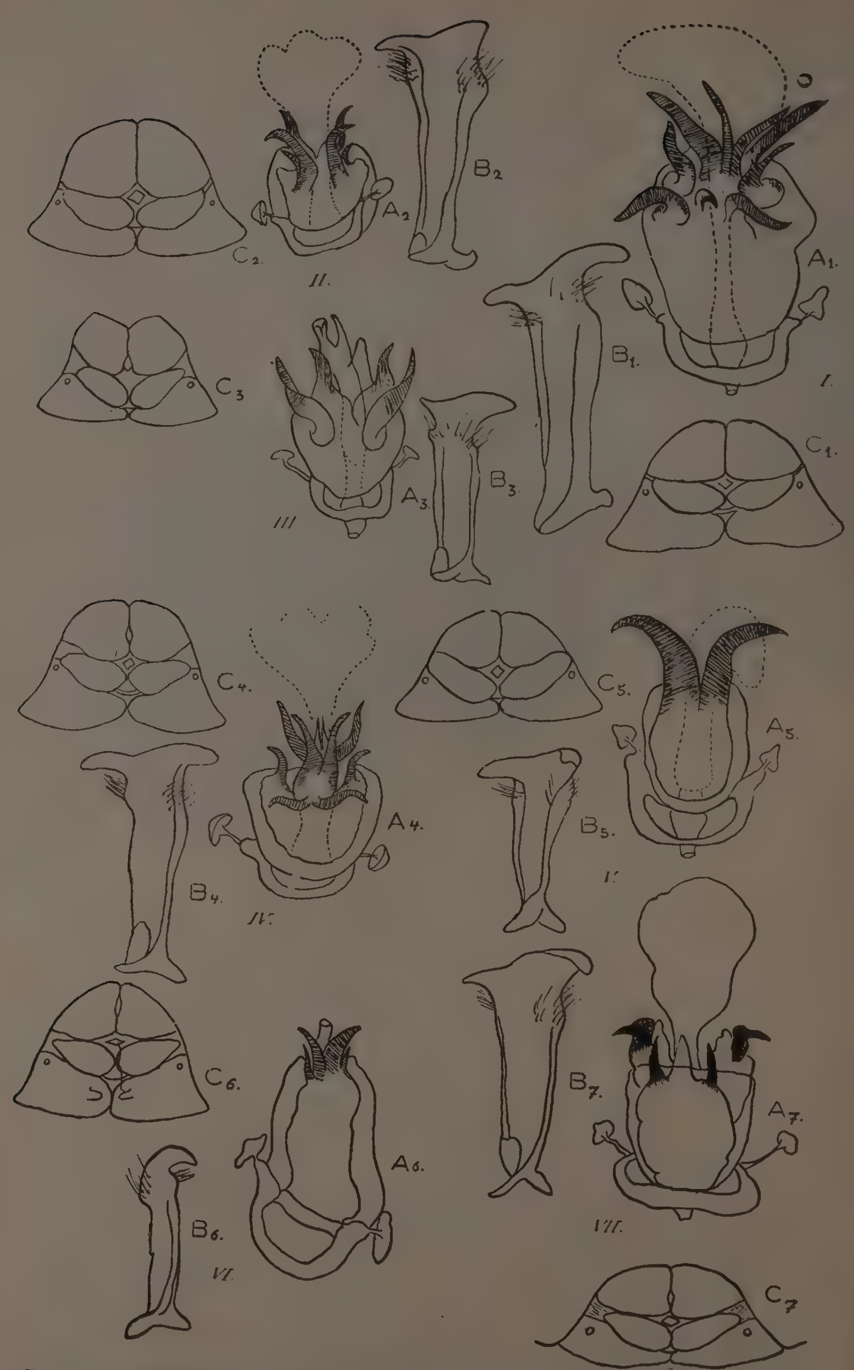



FIG. 3. — Armures génitales ♂ et ♀ de 7 espèces d'*Eurygaster* : I. *E. austriaca*. II. *E. dilaticollis*. III. *E. folkkeri*. IV. *E. schreiberi*. V. *E. maura*. VI. *E. hottentota*. VII. *E. testudinaria* (d'après Wagner E.). A, penis. B, paramère. C, plaques génitales des ♀.

11. Lames mandibulaires ne dépassant pas le clypeus (fig. 4 C.)................ *E. laeviuscula*

Lames mandibulaires plus longues que le clypeus (celui-ci profondément enchâssé dans les lames mandibulaires (fig. 4 E.) ...................... 12

12. Lames du connexivum relevées obliquement. Bord externe des cories fortement sinué (fig. 4 G. et J.) ............................................ *E. Fokkeri*

Lames du connexivum non relevées obliquement, horizontales ou faiblement convexes dorsalement. Bord externe des cories faiblement sinué (fig. 4 H. I. K.) ........................................................ 13

13. Petite taille (7-10 mm). Penis avec 3 cornes de chaque côté (fig. 3, II, $A_2$) ... *E. dilaticollis*

Très grande taille (11-16 mm). Penis avec 4 cornes de chaque côté (fig. 3, I, $A_1$) ............................................................ *E. austriaca*

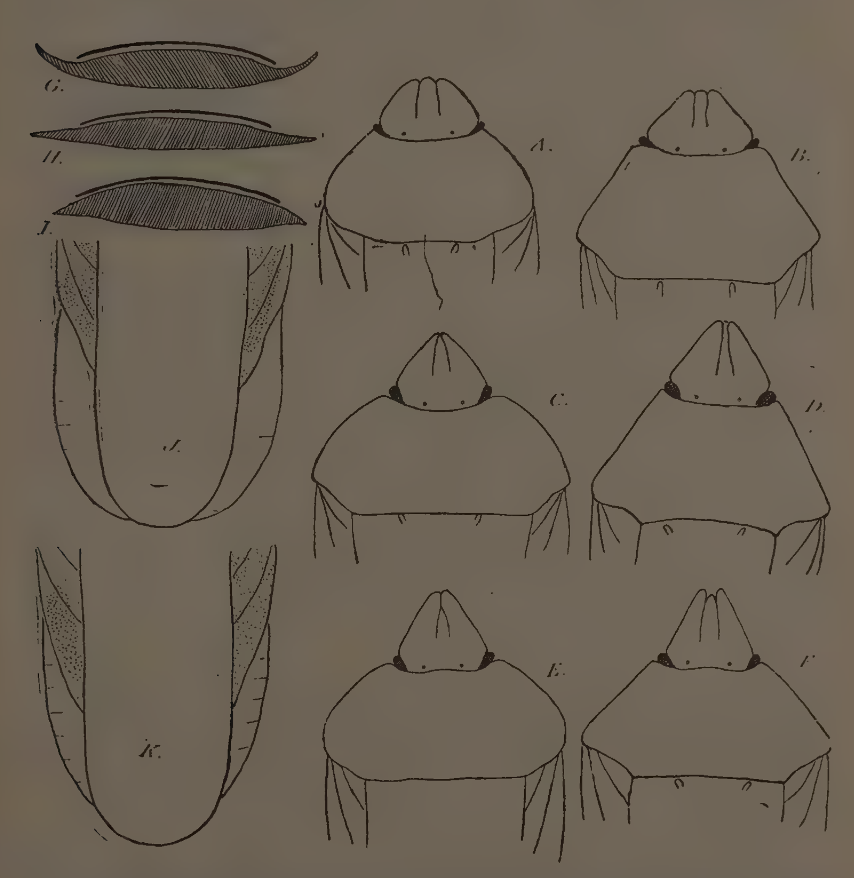



Fig. 4. — Schéma des caractères spécifiques permettant la détermination de différentes espèces d'*Eurygaster* : *E. integriceps* (A), *E. testudinaria* (B), *E. laeviuscula* (C), *E. carinata* (D), *E. austriaca* (E), *E. sinica* (F.). G, H, I, coupes transversales de l'abdomen de *E. fokkeri*, *E. hottentota*, *E. minor*. J, K, écusson et cories de *E. schreiberi*, *E. minor*.

## 3° SYNONYMIE, DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET NUISIBILITÉ DES ESPÈCES

a) *E. alternata* Say (1828). A pour synonymes : *Tetyra alternata* Say (1828) ; *E. nicoletanensis* Provancher (1872) ; *E. alternatus* Uhler (1877).

Taille : 7 à 9 mm.

Espèce particulière au nouveau monde elle est répandue dans tous les Etats-Unis, le Canada et s'étend vers le sud jusqu'au Mexique. Nous n'avons aucun rapport sur sa nuisibilité

b) *E. austriaca* Schrk (1776). Synonyme de : *Cimex secalinus* Fourcroy (1785) ; *Cimex aethiops* Goeze (1778) ; *Tetyra hottentotus* Germar (1839) ; *Bellocoris maurus* Hahn (1831) ; *E. hottentotus* Muls et Rey (1865) et Fisber (1861) ; *E. fuscus* Stal (1876) ; *E. niger* Saund (1876) et Stal (1868) ; *E. obliqua* Kolenati (1845) ; *E. ligneus* Snellen (1863) ; *E. nigrocuculatus* Goeze (1778).

Taille : 11-16 mm.

Se rencontre dans la plupart des pays européens et en Afrique du Nord : Angleterre, Belgique, Hollande, France, Allemagne, Roumanie, Hongrie, Autriche, Italie, Espagne, Portugal, Maroc, Algérie, Tunisie, etc..

Elle est très commune au Maroc où pendant les années de grande invasion elle cause des dégâts importants sur les Céréales (Jourdan 1936).

c) *E. carinata* Van Duzee (1904) = *E. shoshone* Kirkaldy (1909).

Taille : 10-12 mm.

Espèce américaine se trouvant dans les régions Ouest : Californie, Utah, Idaho, Nevada. N'est pas réputée nuisible.

d) *E. dilaticollis* Dohrn (1860) = *E. brevicollis* Fisber (1861) = *E. dilaticollis* Schoutenden (1904) et Jakowlew (1884).

Taille : 7-10 mm.

Espèce méditerranéenne. Elle ne paraît pas nuisible en particulier, mais lors des années d'invasion des autres espèces ravageuses (*E. maura* en Europe, *E. integriceps* en Asie), on la trouve parmi ces dernières s'associant à leurs dégâts.

e) *E. Fokkeri* Puton (1893) = *E. Fokkeri* Schouteden (1904).

Taille 8-10 mm.

Espèce très rare, seulement signalée dans les régions du Tyrol autrichien.

f) *E. hottentota* F. Synonyme de : *Cimex Hottentotus* Fabricius (1775) ; *Thyreocoris cuculata* Schrank (1801) ; *Cimex fusculatus* Goeze (1778) ; *Cimex maroccanus* Fabricius (1789) ; *Cimex fuscus* Gmele (1888) ;

*E. maroccanus* Fieb (1861) ; *E. Hottentotus* Stal (1876) ; *Tetyra hottentota* et *maroccana* Fabr (1775) ; *Tetyra Hottentota* Schouteden (1904).

Taille : 11-14 mm.

La répartition géographique de *E. hottentota* est très large : dégâts importants sur les Graminées cultivées en France méridionale, Italie, Grèce, Espagne, Hongrie, Bulgarie, Russie méridionale et Sibérie (Kirkaldy 1909), Maroc, Turquie, Algérie, Tunisie ; en 1936, dans la liste donnée par Vayssière sur le contrôle des Punaises du blé dans les régions circum-méditerranéennes, *E. hottentota* était cité comme la plus grande cause des dégâts de l'année précédente.

g) *E. integriceps* Put (voir étude détaillée p. 131).

h) *E. leaviuscula* Jakowlew (1888).

Taille : 8,5 mm.

Localisée uniquement en Sibérie.

i) *E. maura* L. Synonyme de : *Cimex maurus* L. (1761) ; *Cimex lineatus* Sulzer (1785) ; *Cimex cinereus* Goeze (1778) ; *Cimex truncatus* Geze (1778) ; *Cimex lynceus* Walckenaer (1802) ; *Pentatoma fuscus* Tigny (1813) ; *E. cognatus* Weswood (1837) ; *È. meridionalis* Peneau (1911) ; *E. maura* China W. E. (1927).

Taille : 8-11 mm.

L'aire de répartition de cette espèce est plus étendue que pour aucune autre. Elle s'étend en effet dans tous les pays d'Europe et d'Afrique du Nord, et à peu près dans tous les pays asiatiques. *Europe* : France, Angleterre, Belgique, Italie, Sicile, Allemagne, Suède, Norvège, Russie, Balkans, Autriche, Pologne, Hongrie, Bulgarie, Tchecoslovaquie, Grèce, Espagne, Portugal, etc... *Asie* : Chine (Mandchourie), Japon, Turquie, Sibérie, Turkestan, Syrie, Inde. *Afrique* : Algérie, Tunisie.

Cette espèce cause de grands ravages dans les champs de Céréales. Notamment en Russie méridionale, on la cite aussi comme nuisible à la Vigne (Modrozecki, 1926).

j) *E. minor* Montandon (1885).

Taille : 7-9 mm.

Est spéciale aux régions montagneuses du Midi de la France (département de la Drôme) ; se montre rare et n'est pas signalée comme nuisible.

k) *E. schreiberi* Montandon (1885).

Taille : 9-10 mm.

Espèce rare mais à vaste aire de dispersion : Autriche, Italie, Turkestan, Caucase, Sibérie et Chine (Hong-Kong).

l) *E. sinica* Walher (1867).

Taille : 10-12 mm.

En Chine : Provinces de Hong-Kong, Mon-Pin, Kiang-Si, Hiouning, etc... Elle n'est jamais nuisible.

m) *E. sodalis* Horvath (1895).
Taille : 12-13 mm.
Répandue dans le Sud de la Russie (Turkestan) et dans les provinces limitrophes de l'Iran.

n) *E. testudinaria* Geoff (1785) = *E. maurus* forme *borealis* (Peneau 1911), Ribaut (1921).
Taille : 8,25 mm, 10,25 mm.

Même répartition géographique que pour *E. maura*. Ces deux espèces se trouvent toujours ensemble et elles se révèlent aussi nuisibles l'une que l'autre.

D'une manière générale on peut noter que les *Eurygaster* sont répandus dans toutes les régions tempérées de l'hémisphère boréal, leur extension la plus septentrionale étant atteinte en Suède et Norvège (*E. maura*), en Sibérie (*E. laeviuscula*), au Canada (*E. alternata*), et l'extension la plus méridionale s'arrêtant en gros au parallèle 10° de latitude nord avec les espèces *hottentota* et *maura* pour l'Afrique ; *maura*, *integriceps*, *sinica* pour l'Asie (Iran, Pakistan, Inde, Chine).

Certaines espèces, telles *E. maura*, ont une très vaste distribution ; d'autres sont plus localisées, telles par exemple *austriaca* qui ne se trouve qu'en Europe et en Afrique du Nord, *integriceps* qui est localisé dans la moitié orientale de la région méditerranéenne.

Les espèces à large distribution, et par suite les mieux connues, comme *maura* et *testudinaria*, présentent une variation remarquable, et tout à fait parallèle entre les espèces, non seulement en taille, couleur et ponctuation, mais aussi sur un grand nombre de caractères morphologiques (antennes, pièces génitales, etc...).

## CHAPITRE II

## REMARQUES MORPHOLOGIQUES ET ANATOMIQUES SUR L'IMAGO D'E. integriceps

### 1° TAILLE, PIGMENTATION ET LEURS VARIATIONS

La taille d'*Eurygaster integriceps* présente peu de changements (longueur 12 mm × 8 mm de largeur au niveau du thorax) tandis que dans les autres espèces l'amplitude de la variation est de 2 à 4 mm et même 5 mm (*E. austriaca*) notamment.

Au contraire, les variations de coloration sont extrêmement grandes. C'est pour cette raison qu'on cite de nombreuses variétés pour cette espèce. Pratiquement on ne peut pas définir exactement une couleur

typique pour *E. integriceps*, car dans un groupe de 100 individus, il est difficile de séparer une majorité d'Insectes de même couleur ; chaque population est en effet un mélange de toutes les variétés.

A. MAKHOTIN (1947) considère la coloration d'*E. integriceps* comme une couleur de protection et il constate que les changements de couleur subis par les larves pendant la durée du développement post-embryonnaire sont en rapport avec les changements de milieu. Pendant les deux premiers stades les larves sont, en effet, d'une couleur foncée rappelant la couleur des jeunes feuilles des plantes, et aux derniers stades, elle deviennent jaunes verdâtres de la même couleur que les épis des Céréales. Enfin, les adultes prennent une couleur plus foncée, se rapprochant de la couleur du sol.

Nous avons remarqué, en outre, qu'en cas de dérangement, les larves des trois derniers stades, particulièrement du troisième, enfoncent la tête et le thorax, qui sont plus foncés, dans les épis et laissent seulement découvert l'abdomen qui est de la même couleur que les épis.

Les variations de coloration d'*E. integriceps* adulte (sauf pour la variété *nigra*) demeurent dans une gamme allant du gris jaunâtre au gris brunâtre, et la ponctuation du corps caractéristique des *Eurygaster* reste constante. Celle-ci très dense et foncée est disposée irrégulièrement sur toute la surface visible du corps, notamment sur la tête et la face dorsale où les points sont plus gros. Ces points existent pendant toute la durée de la vie, soit à l'état larvaire, soit à l'état adulte, et sont supposés par A. A. MAKHOTIN (1947) représenter des organes sensoriels. L'examen microscopique de ces points nous permet de justifier cette hypothèse : en examinant une partie de la chitine de la face dorsale, par exemple la corie de l'élytre, on observe à ce niveau des disques chitineux noirs, enfoncés dans la cuticule. Chaque disque comprend deux parties : une partie périphérique et une partie centrale en forme de dôme ayant un minuscule pertuis au sommet. En coupe verticale on voit bien que cet orifice est l'extrémité d'un tube et qu'il forme au dehors un bouton très comparable au bouton sensoriel des organes scolopidiaux.

Parmi les nombreuses variétés d'*E. integriceps* on peut citer les 6 variétés suivantes qui sont les plus caractéristiques.

1. *E. integriceps* var. *nigra* REUTER (1900) = *E. integriceps* var. *hellenica* KIRKALDY (1909) ; très remarquable par sa couleur entièrement noire ; les taches basales de l'écusson, les pattes et la face ventrale moins foncées (brunâtre). Iran, Turquie, Syrie, Grèce, U. R. S. S.

2. *E. integriceps* var. *ferruginea* REUTER (1900) ; dessus du corps d'une couleur foncée métallique, des points sensoriels de la même couleur, très denses ; les taches basales de l'écusson jaunâtre, dessus du corps et les pattes d'un blanc testacé. Turkestan, Iran, Grèce, Turquie, Irak.

3. *E. integriceps* var. *plagiata* REUTER (1900), les deux taches basales

de l'écusson sont blanches, les points sensoriels plus ou moins réunis forment des taches noires ; sur l'écusson on observe deux bandes verticales blanchâtres. Turquie, Caucase, Turkestan.

4. *E. integriceps* var. *grisescens* REUTER (1900), d'une couleur gris-jaunâtre, les points sensoriels concolores sauf sur le connexivum où ils sont gros et noirs ; les taches basales de l'écusson presque concolores, Turquie, Turkestan.

5. *E. integriceps* var. *testacea* REUTER (1900), cette variété peut être considérée comme une forme typique car on la trouve en majorité dans les essaims.

D'une couleur terreuse homogène avec des points plus foncés et moins denses ; dessus du corps concolore, avec des taches noires autour des stigmates. Iran, Turkestan, Turquie, Syrie et tous les autres pays.

6. *E. integriceps* var. *distigma* HORVATH (1917), de la même couleur que *nigra* avec deux taches triangulaires moins foncées sur le pronotum et les deux taches basales de l'écusson jaunâtres. Syrie, Turquie, Russie, Italie.

## 2° CARACTÈRES ANATOMIQUES DE LA TÊTE ET DES PIÈCES BUCCALES, EN RAPPORT AVEC LEUR FONCTIONNEMENT

La tête d'*Eurygaster integriceps* est normalement masquée dans sa partie arrière, jusqu'au niveau des yeux, sous le rebord prothoracique (fig. 1).

En avant des yeux, la tête, essentiellement formée par le complexe gnathal, a une forme plus ou moins pyramidale, légèrement convexe ventralement plane dorsalement. Examinée dorsalement, ce gnathocephalon montre distinctement un lobe median clypeo-labral qui s'élargit vers l'arrière où il prend valeur d'un clypeo-front, et deux lames mandibulaires s'étendant jusqu'à l'œil et ventralement jusqu'à l'insertion des antennes (fig. 5). La face ventrale révèle les éléments mobiles du gnathocéphalon, à savoir le labre et le labium, l'ensemble couché dans une gouttière. Celle-ci est creusée d'abord entre les deux lames maxillaires qui forment l'essentiel de la face inférieure de la tête vers l'avant, et dont on remarque les expansions lamelleuses ou Buccules, encastrant étroitement la base du rostre. Le rostre formé de 4 articles s'étend vers l'arrière jusqu'au bord postérieur du 2<sup>e</sup> sternite abdominal. Sa gouttière de repos s'étend sur la région gulaire de la tête puis sur les basisternites thoraciques.

Les sutures qui délimitent ces parties constituantes du gnathocéphalon sont les sutures clypéales, séparant le lobe clypéal et les lames mandibulaires, les sutures génales séparant les lobes mandibulaires et

maxillaires. On observe en outre, à la face inférieure de la tête, une ligne particulière d'épaississement chitineux plutôt qu'une véritable suture ; elle délimite postérieurement les lames maxillaires et mandibulaires ;

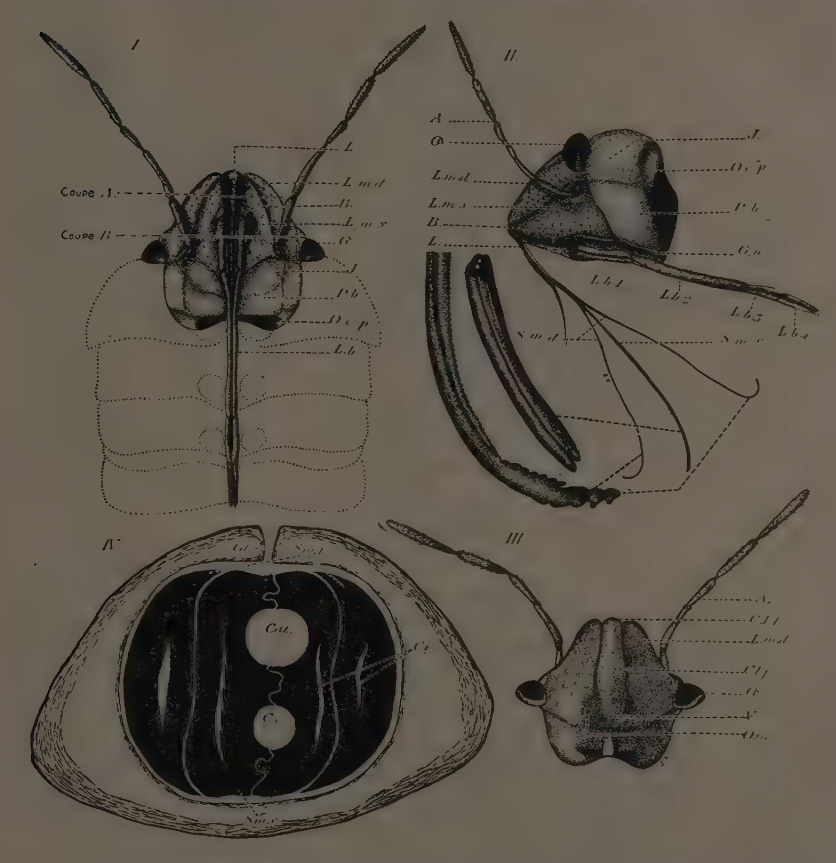


FIG. 5. — Tête d'*Eurygaster integriceps*. I. vue ventrale. II. vue de profil. III. vue dorsale. *A*, antenne ; *B*, *bucculae* ; *Clf*, clypeo-front ; *Cll*, clypeo-labre ; *Gu*, gula ; *J*, joue ; *L*. labre ; *Lb*, labium ; *Lmd*, lame mandibulaire ; *Lmx*, lame maxillaire ; *Oc*, ocelle ; *Ocp*, occiput ; *Oe*, œil ; *Pb*, plaque basilaire ; *Smd*, stylet mandibulaire ; *Smx*, stylet maxillaire ; *Vx*, vertex.
IV. Coupe transversale de la partie antérieure du labre et coaptation des stylets. *Cal*, canalicule alimentaire ; *Cs*, canalicule salivaire : *Ci*, espace capillaire non fonctionnel de l'axe de chaque stylet ; *Gl*, gouttière labrale ; *Smd*, stylet mandibulaire ; *Smx*, stylet maxillaire.

**Structure interne de la tête.** — Les rapports fonctionnels et la signification morphologique des diverses parties constitutives du gnathocéphalon ne peuvent être compris que par une étude des structures internes. Les difficultés techniques pour obtenir de bonnes coupes histologiques d'une tête de Punaise, nous ont amené à utiliser, pour notre étude, des têtes en parties sectionnées transversalement au microtome, puis dépa-

raffinées et examinées dans le baume. Ces préparations permettent une étude anatomique beaucoup plus rapide et plus compréhensible que les seules coupes histologiques.

Si on examine une tête d'*Eurygaster* dont l'apex du gnathocéphalon a été amputé par une section transversale passant au niveau des buccules (fig. 5 et 6, coupe A) on voit nettement comment le lobe clypeolabral et les 4 lobes des lames mandibulaires et maxillaires se juxtaposent pour former le complexe buccal. A ce niveau, chacun des lobes a une cavité indépendante, les parois internes des divers lobes sont rapprochées et accolées donnant l'impression de cloisons internes en rapport avec les sutures clypéales et les sutures génales.

Le point le plus intéressant à considérer est la base du labium. Celui-ci est formé de 4 articles, mais en arrière du 1<sup>er</sup> article visible au niveau des *bucculae*, on remarque qu'il existe entre les lobes des lames maxillaires et à la face inférieure du lobe clypeo-labral, une cavité qui, à première vue, pourrait être interprétée comme la coupe transverse d'un article basal du labium, masqué entre les buccules (fig. 6, coupe A).

Ce territoire impair représente en fait l'hypopharynx. Sa paroi dorsale, en effet, accolée à la paroi ventrale du lobe clypeolabral, délimite plus profondément dans la tête la pompe buccale, cependant que dans sa cavité on retrouvera la pompe salivaire.

Quand on examine des coupes transverses de la tête en arrière de la précédente, en se rapprochant des yeux, on voit s'accroître les surfaces de contact entre le lobe hypopharyngien et les lames maxillaires, cependant que le rapprochement avec la face inférieure du lobe clypeo-labral se réduit pour former peu à peu un tube buccal. Celui-ci, grâce à des muscles dilatateurs clypéaux, fonctionne comme une pompe buccale (fig. 5 et 6, coupe B). Mais les parois latérales de l'hypopharynx et celles en regard des lames maxillaires demeurent séparées, ménageant entre elles un espace dans lequel s'enfoncent les stylets. Cet espace intergnathal s'étend assez profondément dans la tête sous forme de deux sacs aplatis qui, sur pièces *in toto*, se présentent sous l'aspect de deux lames concaves représentant essentiellement les parois latérales de l'hypopharynx (Hy, fig. 6 A et B).

L'étude des structures endosquelettiques révèle que le fond de ces espaces intergnathaux, et par conséquent les côtés de l'hypopharynx, se trouvent reliés au bord occipital inférieur de la tête par deux apodèmes importants (Tnp, fig. 6). Ces mêmes apodèmes émettent un rameau vertical qui rejoint la racine des stylets maxillaires (branche occipito-maxillaire).

Nous interprétons les apodèmes occipito-hypopharyngiens comme représentant les bras postérieurs du tentorium. Mais nous ne saurions affirmer que les branches apodémales occipito-maxillaires de ce complexe squelettique sont également à rapporter au tentorium postérieur, et nous

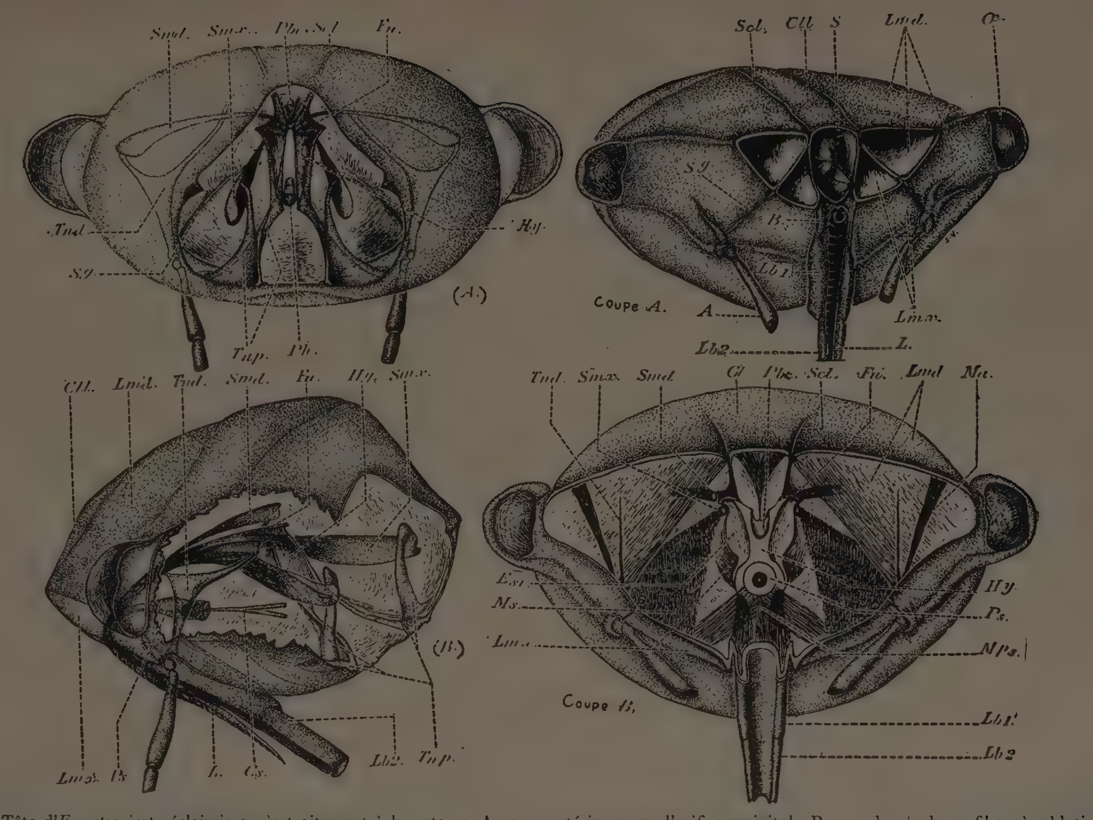



FIG. 6. — A-B : Tête d'*E. integriceps* éclaircie après traitement à la potasse. A, vue postérieure par l'orifice occipital ; B, vue de 1/4 de profil après ablation supposée du tégument latéral. *Cs*, canaux salivaires ; *Ph*, pharynx ; *Hy*, paroi de l'hypopharynx ; *Tnp*, tentorium postérieur = complexe des apodèmes occipito-hypopharyngiennes et occipito-maxillaires (autres lettres comme dans fig. précédentes).
Coupe Tête d'*E. integriceps* amputée de l'apex du gnathocephalon sectionné au niveau des buccules ; coupe B, section du gnathocephalon plus en arrière que la précédente, en se rapprochant des yeux. *Cl*, clypeus ; *Esi*, espace intergnathal ; *Fu*, fulturae ; *Hy*, hypopharynx ; *Ma*, muscle antennaire ; *Mps*, muscles de la pompe salivaire ; *Ms*, muscles des stylets ; *Pbc*, pompe buccale = atrium buccal ; *Ps*, pompe salivaire ; *S*, faisceau des stylets ; *Scl*, suture clypéale ; *Sg*, suture génale; *Tnd*, ten torium dorsal (autres lettres comme dans les fig. précédentes).

ne pouvons que rappeler leur rapprochement apparent avec les leviers articulaires des stylets des Homoptères. D'autres formations endosquelettiques plus ou moins lamelleuses, s'enfonçant dans la tête près de la base d'insertion des antennes donnent de façon comparable une branche qui relie les stylets mandibulaires de chaque côté. Nous penchons à donner à ces formations, valeur d'un tentorium dorsal (Tnd, fig. 6). Par contre, nous n'avons aucune trace d'un corps transverse du tentorium, bien qu'au niveau où devrait se trouver cette formation on remarque sous l'œsophage un rapprochement significatif des bras postérieurs du tentorium (apodèmes occipito-hypopharyngiens).

Enfin, on doit encore signaler deux baguettes chitineuses différenciées dans les parois latérales de l'hypopharynx, qui en fait représentent un renforcement du fond des espaces intergnathaux, et limitent dorsalement l'hypopharynx. Nous pensons que ces structures peuvent être rapprochées des *fulturae* (Fu, fig. 6).

Il est à remarquer que les racines internes des stylets sont très longues, ceux-ci passant de l'espace intergnathal dans la cavité céphalique bien avant d'atteindre le fond des couloirs ménagés entre les *laminae* et l'hypopharynx. Les racines ont l'aspect de lames à face concave vers l'extérieur.

La coaptation des stylets dans leur partie distale se fait selon les modalités représentées (fig. 5, IV). On y retrouve un canalicule alimentaire et un canalicule salivaire typique entre les stylets maxillaires, le 1er étant un peu plus vaste que le second. Les stylets mandibulaires sont seulement accolés par une surface courbe et lisse contre les stylets maxillaires, sans coaptation spéciale. Les cavités capillaires propres de chaque stylet sont laminées, et comme chez tous les Hémiptères, sont aveugles à leur apex, elles ne jouent bien entendu aucun rôle dans le mécanisme alimentaire.

**La pompe salivaire.** — La pompe salivaire assez profondément enfoncée dans le complexe gnathal a la forme générale d'un cylindre dans lequel se meut un piston très chitineux. Les deux canaux salivaires se fusionnent un peu avant d'arriver à la pompe, en un canal afférent qui s'ouvre sur le côté ventral de la pompe salivaire. Le canal efférent, par lequel la salive est expulsée dans le faisceau des stylets, s'ouvre au contraire au côté dorsal de la pompe salivaire. Les muscles rétracteurs du piston, très développés, remplissent toute la cavité de l'hypopharynx prenant insertion sur les parois de celui-ci et sur la face inférieure du pharynx.

## 3° ANATOMIE DU TUBE DIGESTIF

Le pharynx, inclus dans le complexe buccal, participe à la formation de la pompe buccale, qui, par le jeu des muscles dilatateurs s'insérant sur

le front, contribue à aspirer les liquides alimentaires puisés par les stylets. L'œsophage succède au pharynx peu avant l'enfoncement dans le collier nerveux ; son intima chitineuse est moins épaisse ; il ne présente pas de muscles dilatateurs. Il est de longueur réduite et ne dépasse pas vers l'arrière le niveau du prothorax. Sa région terminale est dilatée légèrement en un jabot, aux parois très minces et extensibles.

Au jabot fait suite l'intestin moyen, qui, comme chez tous les Hétéroptères, présente une succession de segments anatomiquement sinon fonctionnellement distincts ($M_1$, $M_2$, $M_3$, $M_4$, $M_4S$, fig. 7). La partie initiale de l'intestin moyen a l'aspect d'une gros boyau aux parois minces extensibles : c'est la poche gastrique ou ventricule chylifique ($M_1$, fig. 7). On y observe de nombreux replis permettant sa distension lorsqu'il est chargé de nourriture. La partie postérieure de ce ventricule présente moins de replis. Elle se rétrécit brusquement et le segment intestinal suivant est tubulaire, replié contre la poche gastrique à laquelle il est réuni par des trachées ($M_2$, fig. 7). A ce segment tubulaire succède une petite poche ovoïde ($M_3$ fig. 7) dont la surface est lisse, non plissée. Dans cette poche on trouve une pulpe foncée (crème verdâtre) dont l'élaboration est bien avancée.

Le liquide alimentaire élaboré dans la 1re et la 2e poche gastrique est alors conduit dans un tube très long et fin appelé intestin grêle ($M_4$, fig. 7) ou cordon valvuleux (DUFOUR, 1933). Dans cette partie la digestion est presque terminée.

Tandis que la partie initiale de l'intestin grêle a l'aspect d'un tube régulier toute sa région moyenne et postérieure porte 4 rangées régulières mais plus ou moins spiralées de courts cœcums qui lui donnent l'aspect de cordon ($M_4S$, fig. 7). Ces cœcums sont des cryptes à symbiotes ; connues chez différents Pentatomides phytophages grâce aux travaux de W. ROSENKRANG (1940), SCHNEIDER (1940) et CARAYON (1945).

La structure histologique de l'intestin grêle demeure cependant comparable dans sa partie antérieure, $M_4$, et dans la région portant les cryptes à symbiotes. Il est formé d'un épithélium épais, dont les cellules sont plus régulièrement disposées dans le tube intestinal lui-même que dans les cœcums. Ces derniers ou cryptes, ne présentent pas de muscles. Ils donnent l'impression de faire hernie dans l'hémocœcle à travers la musculature de l'intestin proprement dit. La lumière de l'intestin et des cryptes est plus ou moins remplie de microorganismes bacilliformes, les symbiotes. Ceux-ci se retrouvent également dans le cytoplasme même des cellules (A, B, fig. 7).

L'activité secrétoire paraît intense dans les coœcums où on observe d'abondantes boules éosinophiles dans le cytoplasme des cellules, boules qui finissent par tomber dans la cavité des cryptes.

La région tubuleuse portant les cryptes à symbiotes marque la limite

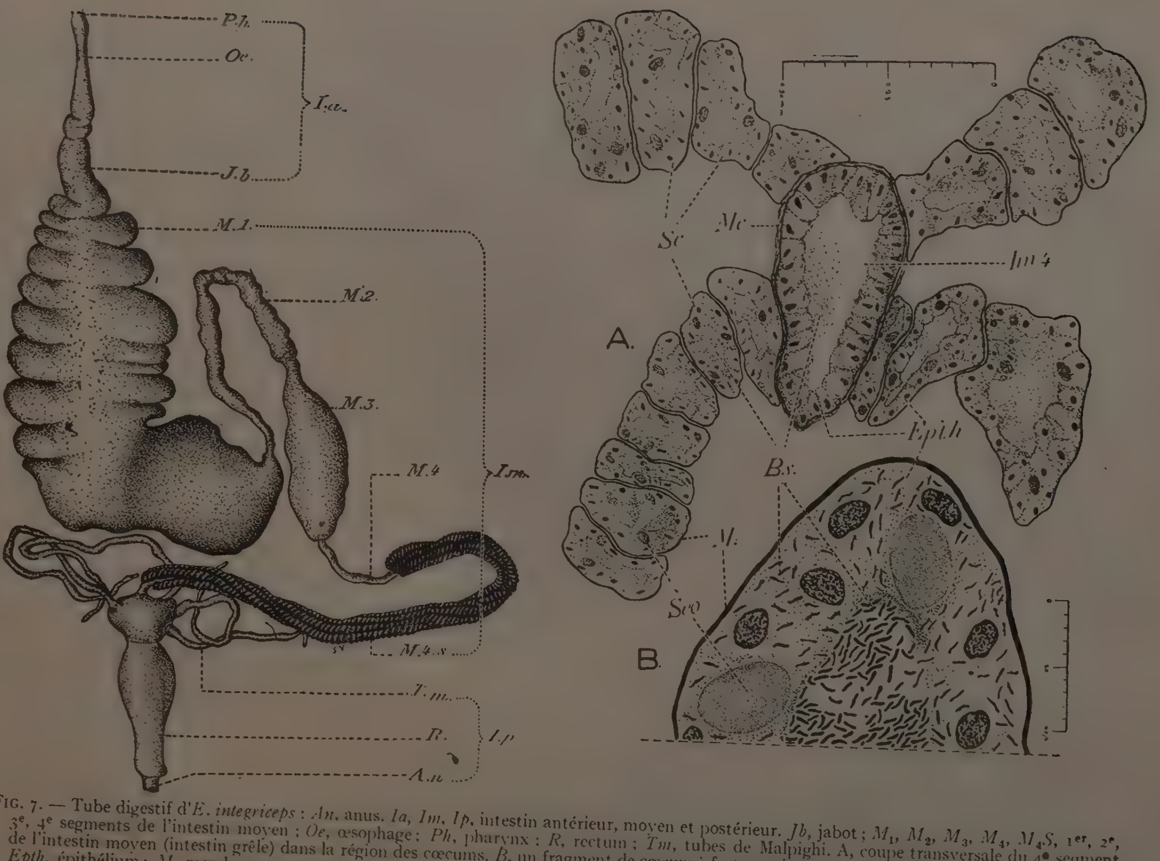



FIG. 7. — Tube digestif d'*E. integriceps* : *An*, anus. *Ia*, *Im*, *Ip*, intestin antérieur, moyen et postérieur. *Jb*, jabot ; $M_1$, $M_2$, $M_3$, $M_4$, $M_4S$, 1er, 2e, 3e, 4e segments de l'intestin moyen ; *Oe*, œsophage ; *Ph*, pharynx ; *R*, rectum ; *Tm*, tubes de Malpighi. A, coupe transversale du 4e segment de l'intestin moyen (intestin grêle) dans la région des cœcums. *B*, un fragment de cœcum à fort grossissement. *Bs*, microorganismes baciliformes ; *Epth*, épithélium ; *M*, membrane externe ; *Mc*, muscle circulaire ; *Sc*, cœcums ; *Seo*, sécrétion éosinoph le.

de l'intestin moyen. Une dilatation globuleuse lui succède en effet, sur laquelle s'insèrent les 4 tubes de Malpighi. Cette dilatation renferme une valvule pylorique. Les 4 tubes de Malpighi s'ouvrent indépendamment dans le pylore. Ils mesurent de 15 à 20 mm, sont très fragiles, d'une couleur blanche rosâtre et se reploient en une boucle rapprochant leurs extrémités distale et proximale.

Enfin le pylore est suivi d'une région dilatée constituant le rectum. Cette région est différenciée en deux segments anatomiquement distincts ; une portion sacciforme membraneuse très extensible nommée ampoule rectale, et un court segment tubulaire : le tube anal. L'anus s'ouvre sur le dernier segment abdominal.

## 4° LES GLANDES SALIVAIRES

Ce sont deux masses glandulaires bien développées et très volumineuses, occupant une grande partie du thorax de part et d'autre de l'œsophage et de la première partie de l'intestin moyen. D'une coloration blanc rosé (fig. 8) chacune de ces glandes comprend :

*a*) Une glande principale plurilobée caractérisée anatomiquement par sa masse volumineuse ayant deux portions bien distinctes : une partie antérieure avec des lobes assez gros, inégaux, dans lesquels on trouve une grande quantité de salive en réserve, prête à servir ; une partie postérieure avec des lobes plus petits et minces.

*b*) Une glande accessoire latérale, tubulaire, assez longue, avec une paroi membraneuse, suivie d'un canal étrangement long en forme de ressort qui s'ouvre dans le hile de la glande principale.

*c*) Le canal salivaire principal partant de la portion antérieure de la glande principale est un tube membraneux et souple. Les deux canaux salivaires se rapprochent médianement dans l'hypopharynx et, à ce niveau, forment un canal commun, s'abouchant à la base de la pompe salivaire.

Les sécrétions de ces glandes jouent un rôle primordial dans l'alimentation et la digestion car les Punaises se nourrissent en partie sur des grains en formation et doivent hydrolyser préalablement ces substances nutritives afin de pouvoir les absorber ensuite par succion. D'autre part, ces secrétions ajoutent une grande quantité d'eau aux substances nutritives et les rendent moins visqueuses facilitant ainsi leur succion.

La sécrétion des glandes accessoires est un liquide aqueux abondant, à peu près neutre, qui semble dépourvu d'enzymes. Par contre, la sécrétion de la glande principale a un pH peu acide (6,8) et on y a reconnu la présence de nombreux enzymes dont les plus importants sont protéase et amylase (KOSMIN, 1933, MIEGE, 1934, B. A. BAPTIST, 1941).

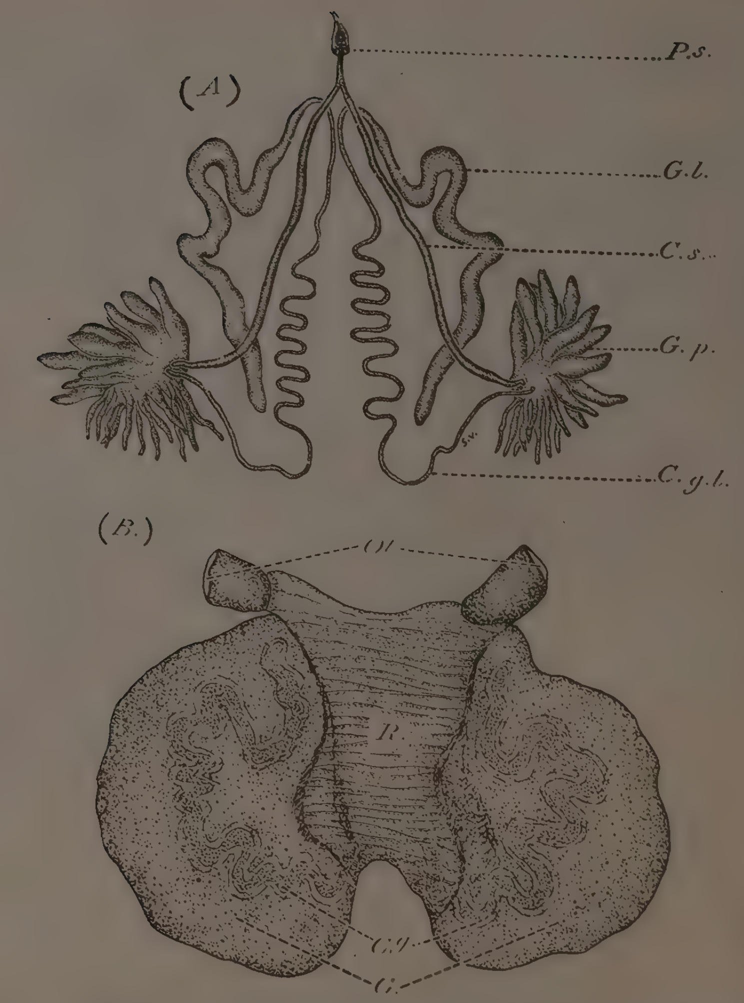



FIG. 8. — *A*, glandes salivaires. *B*, glande odorifique. *Cg*, canal glandulaire ; *Cgl*, canal de la glande accessoire (latérale) ; *Cs*, canal salivaire ; *G*, sacs glandulaires ; *Gl*, glande accessoire ; *Gp*, glande salivaire principale ; *Ol*, orifice tubulaire ; *Ps*, pompe salivaire ; *R*, réservoir commun.

## 5° LA GLANDE ODORIFIQUE MÉTATHORACIQUE

C'est un sac membraneux bilobé, sub-cordiforme, d'une couleur jaune rousse, normalement rempli de liquide odorant (fig. 8). La position de cette glande se trouve immédiatement sous le tégument abdominal, s'étendant sur la face interne du métasternum et des sternites abdominaux III et IV.) d'une façon telle que la chaîne nerveuse passe sur sa

face dorsale. Anatomiquement, on distingue que ce sac est constitué de deux parties glandulaires fusionnées de part et d'autre d'un réservoir commun. Ce réservoir est bien distinct par sa nature plus ou moins chitineuse et les noyaux de ses cellules épithéliales moins denses et plus petits que ceux des portions glandulaires. On observe à l'intérieur de chaque glande une sorte de canal d'apparence également glandulaire avec des cellules plus grosses et rangées régulièrement. Ces deux canaux débouchent dans le réservoir commun. Chaque canal se distingue anatomiquement de la paroi abdominale de la glande par sa couleur plus jaune et opaque et par de nombreux plis sur toute sa longueur ; il pourrait peut-être jouer un rôle à la fois de transmission des liquides secrétés et un rôle glandulaire.

Le réservoir commun, quand il est vide, est transparent, il s'abouche par deux orifices tubulaires et chitineux à la base de chaque coxa de la 3e paire de pattes. La voie d'émission est complétée de chaque côté par un canal chitineux, puis par une gouttière canaliculée odorifique.

La secrétion de cette glande est un liquide de nature huileuse, d'une couleur jaune clair, ayant une odeur désagréable (odeur de punaise).

Le rôle de cette glande, chez les Hétéroptères, est généralement considéré, d'ailleurs sans preuve, comme répugnatoire et défensif, mais des auteurs le rattachent à la biologie sexuelle ; cette interprétation est plus vraisemblable que la première.

Le rôle essentiel de cette glande est beaucoup plus important. FEDOTOV (1947) constate en effet par des observations sur place et des examens anatomiques pendant les différentes périodes de la vie imaginale, que cette glande se remplit et commence à fonctionner quand les insectes se préparent pour une migration. La pulvérisation odorifique avant et pendant le vol faciliterait le groupement des individus avant la migration et l'orientation des autres groupes venant plus tard dans la même direction. On peut en effet remarquer que les glandes odorifiques sont vides de secrétions après la migration et en dehors des périodes de migration, pendant l'estivation et l'hibernation.

### 6° ORGANES COPULATEURS. DIMORPHISME SEXUEL

**Armure génitale du mâle.** — Le 9e segment andominal chez le mâle prend la forme d'une capsule conique et chitineuse tronquée au sommet (pygophore) dans laquelle sont enfermés le penis, les paramères et le lobe anal (fig. 9). Le pygophore est relié au 7e segment par une large membrane dans laquelle se trouverait représenté le segment VIII, porteur de la dernière paire de stigmates et légèrement chitinisé.

L'organe copulateur, au repos, est replié et masqué sous le lobe anal comme on peut l'observer à la dissection et sur coupes longitudinales

(fig. 9, F). Il est formé d'une phallobase relativement courte, ayant la forme d'une capsule chitineuse dans laquelle on trouve l'aedaegus portant les quatre crochets symétriques de l'endosome, noirs et légèrement arqués.

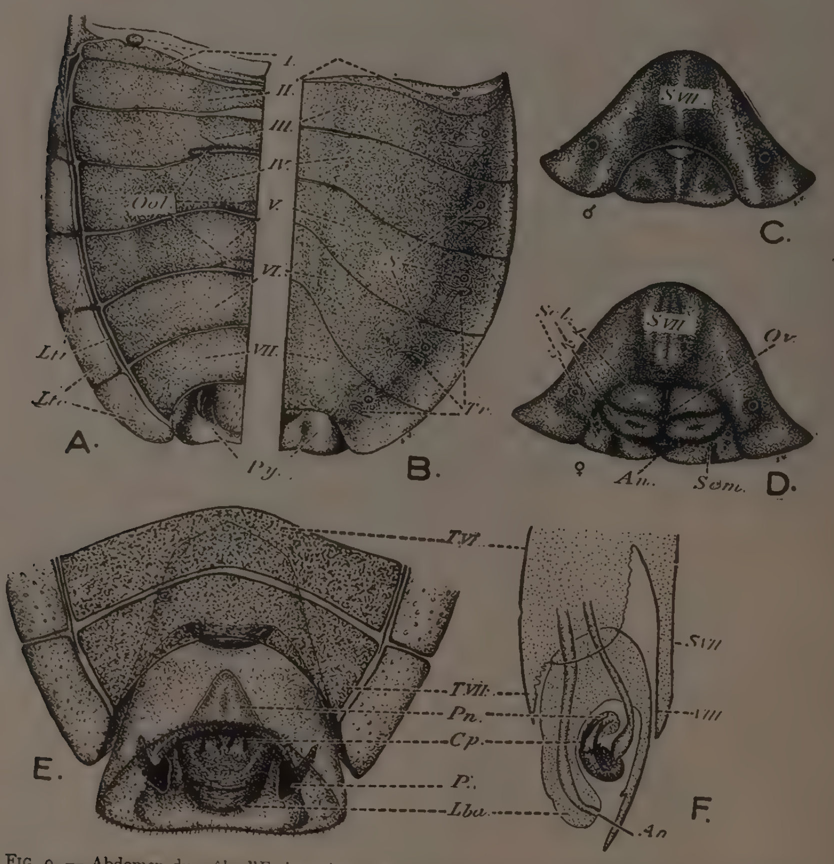



FIG. 9. — Abdomen du mâle d'*E. integriceps*, vue dorsale (A) et vue ventrale (B). C et D, derniers segments abdominaux, mâle et femelle, en vue ventrale (dimorphisme sexuel). E, capsule génitale du mâle d'*E. integriceps*, vue sur échantillon éclairci. F, coupe longitudinale du même organe. *An*, anus ; *Cp*, crochet coniforme du penis ; *Lba*, lobe anal (10ᵉ segment) ; *Lte*, latero-tergite externe ; *Lti*, latero-tergite interne ; *Ool*, orifice odorifique larvaire ; *Ov*, orifice vulvaire ; *P*, paramère ; *Pn*, penis ; *Py*, pygophore ; *S*, stigmate ; *Scl*, sclérites latéraux ($Scl_1$ gonocoxyte VIII, $Scl_2$, latero-tergite IX, $Scl_3$ latérotergite VIII). *Scm*, sclérite médian (10ᵉ segment). *Tr*, trichobothries.

Le corps tubulaire du penis dû à une invagination de la membrane intersegmentaire est disposé au repos derrière les crochets de l'endosome. De part et d'autre de l'organe copulateur, on trouve une paire de paramères articulés latéralement à la face interne du pygophore. Ces paramères très chitineux, d'une couleur noire, mesurant 1 mm envi-

ron, ont l'aspect de deux lames dont la face interne est légèrement concave et la face externe convexe. Leur extrémité subit un léger étranglement puis s'élargit transversalement. Chaque paramère porte 3 poils de chaque côté au niveau de l'étranglement.

**Armature génitale femelle.** — Contrairement au mâle sa face dorsale a la forme d'une simple membrane chitineuse dont la construction est la même que celle des tergites. Ventralement elle apparaît formée de 3 paires de petites plaques chitineuses disposées symétriquement et d'un petit sclérite médian au-dessous duquel se trouve l'ouverture de l'anus (fig. 9, D). L'orifice vulvaire est visible entre les deux paires de plaques supérieures. L'appareil génital femelle d'*Eurygaster* est très semblable à celui des espèces d'*Eurydema* étudiées par C. DUPUIS (1951) au travail duquel nous renvoyons le lecteur pour une interprétation morphologique des sclérites de la région génito-anale comme provenant de la modification des derniers segments abdominaux.

## 7° ORGANES REPRODUCTEURS

**Organes reproducteurs mâles.** — L'organe mâle comprend deux testicules globuleux relativement gros (1 à 2 mm de diamètre) (fig. 10) d'une couleur rouge sanguin ; chacun comporte 7 tubes spermatiques blancs. Les canaux déférents aboutissent à une vésicule séminale globuleuse.

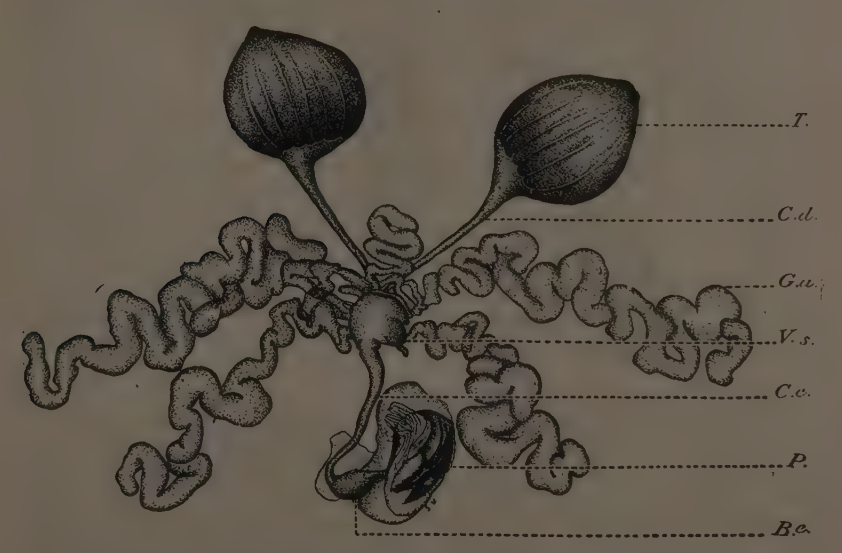



FIG. 10. — Organes reproducteurs mâles d'*E. integriceps*. *Be*, bulbe éjaculateur ; *Cd*, canal déférent ; *Ce*, canal éjaculateur, *Ga*, glande accessoire ; *P*, penis ; *T*, testicule ; *Vs*, vésicule séminale.

Sur la face abdominale de la vésicule séminale s'abouchent 5 glandes accessoires assez longues, transparentes et repliées sur elles-mêmes, formant une masse au-dessous du rectum. Normalement elles sont remplies et gonflées par une secrétion transparente contenant les spermatozoïdes mûrs et formant le liquide séminal qui reste en réserve.

**Organes reproducteurs femelles.** — L'organe reproducteur femelle comprend deux ovaires d'une couleur rose ; chaque ovaire est composé de 7 ovarioles inégaux bien distincts, dont les filaments suspenseurs apicaux vont se fixer sur les côtés supérieurs du thorax (fig. 11).

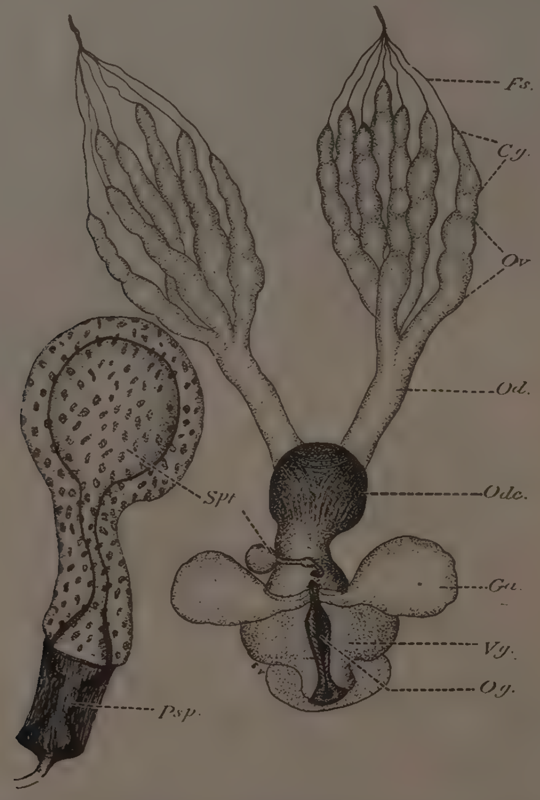



FIG. 11. — Organes reproducteurs femelles d'*E. integriceps* après la ponte. *Cg*, chambre germinative ; *Fs*, filament suspenseur ; *Ga*, glandes accessoires ; *Od*, oviducte ; *Odc*, oviducte commun ; *Og*, orifice génital ; *Ov*, ovarioles ; *Psp*, pompe à spermatozoïdes ; *Spt*, spermathèque ; *Vg*, vagin.

Les oviductes relativement longs, convergent dans un oviducte commun ou utérus, chambre sphérique aux parois fibreuses et très extensibles permettant le séjour d'un nombre de 12 à 18 œufs en même temps.

C'est dans cette région que s'insère la spermathèque. C'est une ampoule sphérique suivie d'un canal très fin dont une partie est différenciée en un curieux appareil : la pompe spermatique. Cette pompe spermatique est très comparable à celle décrite chez d'autres Hétéroptères, *Graphosoma*, par A. BERLESE (1909-1925).

L'oviducte commun s'élargit enfin formant le vagin, dilaté et membraneux qui s'ouvre ventralement par un orifice longitudinal dans la poche génitale. Aux bords antérieurs de l'orifice vaginal s'abouchent deux glandes sacciformes, membraneuses. Ce sont les glandes accessoires secrétant un liquide légèrement gélatineux qui joue sans doute un rôle pendant l'accouplement, aussi bien que pendant la ponte, servant probablement à coller les œufs sur le support.

## CHAPITRE III

## BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE D'E. integriceps

### 1° MIGRATION DES ZONES D'HIVERNAGE VERS LES RÉGIONS CULTIVÉES ET MATURITÉ GÉNITALE ACCOUPLEMENT. REPRODUCTION

*a*) **Migration après hivernage.** — Au printemps, dès que la température atteint 18 à 22°C, les Insectes adultes commencent à voler de leur abri hivernal vers les vallées où il y a de grandes surfaces de culture de Graminées, particulièrement les blés, qui sont encore en herbe. Cette migration se fait par bandes successives, ceci étant dû aux différences d'altitude existant entre les diverses localités où les Insectes ont passé l'hiver.

En 1947, dans la région de Varamine [1] (Téhéran) les premiers vols ont commencé dans la première moitié du mois de mars, mais la migration en masse a eu lieu vers la fin mars.

Les Punaises peuvent alors parcourir au premier vol une distance de 20 à 30 km ; certains auteurs affirment qu'avec les vents favorables, on a observé certaines bandes qui étaient capables de voler des montagnes de Varamine jusqu'aux champs de blés de Zarande et Kachan (150 km). Cependant il faut des observations plus précises pour admettre ce fait (ALEXANDROV, 1947).

Les premiers essaims attaquent de préférence les champs dont la végétation est la plus avancée.

L'activité de l'Insecte s'accroît au fur et à mesure que la température s'élève ; l'insecte se porte sur le sommet des tiges et s'envole d'une plante à l'autre. L'adulte se nourrit de la sève végétale en piquant les

[1] La région de Varamine est constituée par une plaine limitée au Nord-Est par la chaîne d'Abborz et au Sud-Ouest par les montagnes de Nordaghe et Goydagh.

feuilles et les tiges. Les feuilles attaquées jaunissent, se dessèchent et la plante s'affaiblit.

A ce moment, si la température baisse soudainement, notamment pendant la nuit où elle descend de 14-15°, les Punaises se cachent dans le sol à la base, et parmi les racines des plantes.

Cette période d'activité nutriciale qui dure de 10 à 20 jours (suivant la température), va permettre aux gonades d'acquérir leur maturité. En effet, pendant l'hibernation les gonades sont en état de repos : on n'y trouve ni spermatozoïdes, ni ovocytes mûrs. Mais après 10 à 20 jours de reprise d'activité printanière, les gonades sont en pleine activité fonctionnelle.

Ce temps est indispensable, même au laboratoire (pour les Insectes ramassés dans les zones d'hivernage). Quelquefois cette période dure plus de 20 jours au laboratoire par suite du manque de deux facteurs importants : le rayonnement solaire et surtout le vol de migration dont l'action est prépondérante si l'on se base sur les observations faites lors de l'étude de la mâturité génitale du Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*).

*b*) **Accouplement.** — Vers la fin de mars (à Varamine), les premiers accouplements commencent et deviennent généraux dans la 2e moitié du mois d'avril.

La durée de l'accouplement, en général, dure de 6 à 10 heures. Les Insectes sont fixés sur le végétal (feuille, tige, etc..) par les pattes antérieures seulement, les deux autres paires étant repliées sous la face ventrale. Lorsque le couple est alors obligé de se déplacer, c'est la femelle qui avance et entraîne le mâle à reculons.

La séparation survient par intervention de la femelle qui, à l'aide des pattes postérieures, repousse le mâle. Le rôle des pattes postérieures dans le désaccouplement est très important. En effet, si l'on supprime les tarses ou uniquement les derniers articles des pattes postérieures de la femelle, l'accouplement se prolonge et il peut persister jusqu'à 16 ou 20 heures, contre 10 heures durée normale observée. Dans un tel cas, où la femelle a subi une amputation des tarses des pattes postérieures, c'est le mâle, qui, demeuré jusqu'ici dans un état voisin de la léthargie, réagit et joue le rôle de séparateur avec ses pattes postérieures.

Mais en enlevant les deux derniers articles des tarses postérieurs du mâle et de la femelle, l'accouplement peut se prolonger encore davantage et jusqu'au delà de 24 heures. Dans ce cas, les sécrétions produites par les glandes accessoires du tractus génital de la femelle, deviennent de plus en plus abondantes et semblent faciliter la séparation.

Le mâle en principe, ne féconde qu'une seule femelle. Mais dans les cas exceptionnels, par exemple quand il n'y a pas assez de mâles, il peut s'accoupler deux à trois fois. Mais dans ce cas, les œufs pondus par les

femelles n'éclosent pas tous, en particulier les œufs pondus par les femelles fécondées par un mâle s'étant déjà accouplé deux fois. Le tableau ci-dessous montre le nombre d'œufs fécondés pondus par trois femelles accouplées successivement avec un seul mâle.

TABLEAU I

*Nombres d'œufs pondus et fécondés*

| | Œufs pondus par la femelle | Œufs fécondés | Œufs non fécondés | Proportion d'œufs fécondés |
|---|---|---|---|---|
| 1er accouplement .............. | 13 + 11 = 24 | 24 | | 100 p. 100 |
| 2e » .............. | 14 | 9 | 5 | 65,28 » |
| 3e » .............. | 14 + 9 = 23 | 5 | 18 | 21,73 » |

*c*) **Ponte.** — Au laboratoire, en élevage à 28°, la ponte a lieu 3 à 10 jours après l'accouplement. Dans la nature (à Varamine) la ponte commence début avril et se continue jusqu'en mai, avec un maximum pendant la deuxième quinzaine d'avril.

Dans des conditions favorables, chaque femelle pond de 70 à 100 œufs ; on a même observé plus de 300 œufs déposés par une seule femelle (KAUSSARI, 1945 ; TALISKY, 1942). Les œufs sont en paquets de 11 à 14 et ce nombre varie dans une large limite allant de 5 à 8 jusqu'à 25 et 28, rarement 30. Les œufs d'un paquet sont placés les uns à côté des autres, en deux ou trois rangées. Ils sont collés sur les tiges et généralement au-dessous des feuilles, au moyen d'un liquide gélatineux secrété par les glandes accessoires. La ponte se fait souvent dans la matinée. Il y a repos de 3 à 6 jours entre chaque ponte. Le nombre des pontes varie suivant les diverses conditions : longueur de l'hibernation, nourriture, température, etc...

Il peut y avoir de 1 à 10 pontes successives. La mort de la femelle a lieu 4 à 5 jours après la dernière ponte ; pendant ces 4 à 5 jours, la femelle cesse de se nourrir et se trouve rapidement dans un état de paralysie, incapable de s'accrocher aux plantes.

*d*) **Oeuf.** — L'œuf est en forme de sphère bien régulière de 1,2 mm de diamètre.

Les œufs sont d'une coloration verte que leur confère le vitellus très dense, d'une couleur vert clair, en raison de la transparence du chorion.

Le pôle supérieur présente une couronne bien régulière de petits points blancs qui correspondent à des pores micropylaires (fig. 12).

Chaque micropyle se compose de deux parties : un tube court en forme de bouton de faux-col inclus dans les deux couches de l'exo-

chorion et un canal extrêmement fin disposé parallèlement à la surface du chorion contre l'exochorion et l'endochorion. Ce dernier canal s'ouvre vers le centre de la couronne, s'enfonçant dans l'endochorion. L'ensemble des canalicules forme une figure rayonnante à l'intérieur de la couronne des points micropylaires. Autour de ces derniers les dessins hexagonaux

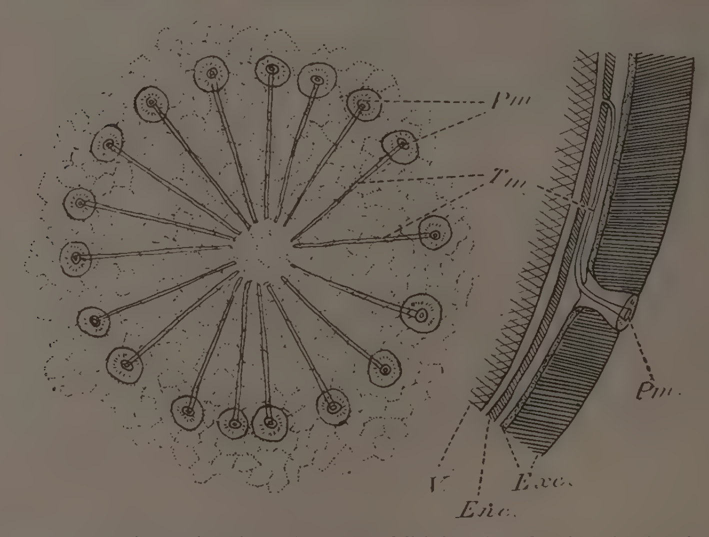



FIG. 12. — Aspect microscopique du chorion d'un œuf d'*E. integriceps* dans la région du pôle micropylaire, et coupe transversale de la même région. *Enc*, endochorion ; *Exc*, exochorion ; *Pm*, pore micropylaire ; *Tm*, tube micropylaire ; *V*, vitellus.

de l'exochorion deviennent irréguliers, formant une plage finement granuleuse et pigmentée. Ces pores et canaux outre leur rôle dans la pénétration des spermatozoïdes. servent peut-être à la respiration et la transpiration de l'œuf. Le chorion est transparent et très fragile, bien que relativement épais.

*e*) **L'incubation et les différents stades du développement embryonnaire.** — L'incubation suivant la température, dure de 6 à 20 jours (6 jours au laboratoire à 28°C et 60-65 p. cent d'humidité ; en moyenne 12 jours).

Les œufs au moment de la ponte et jusqu'au cours du 2e jour restent uniformément vert clair ; c'est ce qui caractérise la première phase du développement (fig. 13, I).

Le deuxième stade occupe une partie du 2e jour, ainsi que le 3e et quelquefois s'étend sur le 4e jour (dans la nature). Dans ce stade, l'œuf devient plus foncé et il commence à avoir une teinte brunâtre due à l'apparition d'une grande quantité de petits points marrons dans la région de la couronne micropylaire ; ces points sont visibles par transparence à tra-

vers la membrane de l'œuf.C'est vers ce même endroit que sera dirigée la tête de l'embryon qui deviendra la calotte apicale de l'œuf (fig. 13, II).

Aux 4e et 5e jours, l'œuf commence à redevenir vert comme au premier stade, mais les points marrons se concentrent peu à peu dans la région de la calotte apicale, formant une grande tache. Celle-ci caractérise la 3e phase (fig. 13, III).




Fig. 13. — Œuf d'*E. integriceps* au cours de son développement, stades successifs. I à VI : formation du ruptor ovi.

Au cours des 5e et 6e jours, la zone sombre apicale se précise de plus en plus, pour aboutir à une tache en forme de disque montrant une zone centrale plus foncée que la zone périphérique. C'est à ce stade, 4e phase, que les premières traces de l'embryon deviennent visibles par transparence du chorion (fig. 13, IV).

A partir de ce stade, l'œuf entre dans la 5e phase. Tous les caractères du stade précédent, deviennent plus nets (fig. 13, V).

L'évolution la plus curieuse est celle de la tache apicale qui prend peu à peu la forme de l'emplacement du ruptor-ovi. L'apparition de cet organe embryonnaire nettement accolé au bord antérieur du pronotum, caractérise le 6e et dernier stade embryonnaire (fig. 13, VI). Avec l'épuisement progressif du vitellus l'œuf perd sa coloration verte pour aboutir en fin de développement à une teinte blanc rosâtre.

*f*) **Éclosion.** — L'éclosion se fait par la rupture d'une partie du chorion sous la forme d'un opercule qui se découpe dans la région du pôle

supérieur au voisinage de la couronne micropylaire. Cette rupture est en effet le résultat d'un mouvement circulaire de l'embryon sur son axe, d'une façon telle que le ruptor-ovi joue le rôle d'un couteau pour opérer le trou de sortie de la larve. Ce mouvement est très comparable à celui d'un compas dont la branche centrale est l'axe de l'œuf et la branche mobile le *ruptor-ovi*. Au moment de l'éclosion ce dernier se détache de l'embryon (bord antérieur du pronotum) et reste encore collé sur le chorion au point d'insertion de l'opercule apicale et du reste du chorion.

## 2° VIE LARVAIRE ET NYMPHALE

*a*) **Caractères généraux.** — Dans la nature, la durée de la vie larvaire, variable suivant les conditions climatiques, se place entre 25 et 45 jours. Dans la région de Varamine, les éclosions commencent vers le milieu d'avril, atteignent leur maximum vers la fin de ce mois et continuent jusqu'au milieu de mai.

Vers le début de juin, les premiers adultes de la nouvelle génération apparaissent, se poursuivant jusqu'à la fin de ce même mois.

Pendant cette période les larves subissent 5 mues et passent par 5 stades larvaires différents, avant d'atteindre le stade imaginal.

A. MAKHOTIN (1947) remarque une autre mue pendant l'éclosion, car il interprète comme exuvie la fine membrane qui, après la sortie de la larve demeure adhérente au chorion. Mais, cette membrane dont se débarrasse l'embryon à l'éclosion ressemble plutôt à une enveloppe sacciforme, car on n'y relève aucune trace des détails de la morphologie de la larve (appendices notamment). Cette exuvie ne serait donc qu'une enveloppe embryonnaire dérivée ou secrétée par la séreuse.

*b*) **Premier stade larvaire.** — Les larves d'*E. integriceps* du premier âge, ont une forme globuleuse, légèrement allongée (1,6 × 1,3 mm) très voisine en somme de leur forme embryonnaire.

Immédiatement après l'éclosion, elles sont d'une couleur jaunâtre clair, et peu de temps après, suivant l'intensité de la lumière (2 h au soleil et 4 h à l'ombre) elles deviennent très foncées, d'un brun métallique avec de petits points noirs disposés irrégulièrement sur toute la surface du corps.

Les antennes sont très robustes avec 4 articles ; les pattes également robustes ont des tarses de 2 articles ; c'est seulement après la mue imaginale que les articles de l'antenne et les tarses deviennent complets, 5 articles pour l'antenne, 3 articles pour les tarses.

Entre les segments tergaux III-IV, IV-V, V-VI, on observe trois glandes odorifiques assez développées, ouvertes transversalement. Ces glandes odorifiques larvaires, au fur et à mesure, du développement des

larves, se réduisent, et au stade imaginal, alors que l'écusson couvre presque toute la face dorsale, elles sont complètement atrophiées ; seuls en persistent les orifices ; la glande odorifique de l'imago est la glande métasternale.

Les larves du premier âge, après l'éclosion, restent en groupe autour des chorions ; presque immobiles, lorsque les œufs sont pondus à la face inférieure des feuilles. Mais si les œufs sont fixés sur des surfaces bien découvertes, exposées à la lumière, elles vont se cacher, se dissimulant le plus souvent dans les gaînes foliaires.

Au cours du premier stade, les larves ne se nourrissent pas, ainsi que pendant les quelques jours suivant la première mue. Ces larves doivent vivre sur leurs réserves, car on trouve une grande quantité de vitellus provenant du stade embryonnaire dans l'intestin des larves du premier et du deuxième stade. Il existe probablement une relation entre l'alimentation et le phototropisme car lorsque les larves commencent à se nourrir on constate que leur phototropisme devient positif.

La durée du premier stade est la plus courte (au laboratoire à 28°C, 2 à 3 jours, et dans la nature 4 à 5 jours).

*c*) **Deuxième stade.** — La première mue se fait par la rupture des segments tergaux sur une ligne longitudinale dorsale plus ou moins régulière, s'étendant de la capsule céphalique vers l'extrémité de l'abdomen. Au deuxième stade, les larves deviennent plus allongées (2,5 × 1,8 mm). Comme au premier stade, elles sont d'abord d'une couleur jaunâtre et après quelque temps, elles deviennent brun foncé, conservant les points sensoriels.

La croissance à ce stade est plus sensible qu'au premier, car la larve qui a commencé à s'alimenter, va atteindre au moment de la deuxième mue environ 3,3 × 2 mm).

La tête montre un développement considérable, cependant que les pièces thoraciques ne se modifient pas sensiblement et s'accroissent peu. Les orifices des glandes odorifiques prennent une forme plus distincte, en se séparant les uns des autres.

Après la première mue, les larves demeurent inactives et groupées pendant les deux premiers jours, mais à partir de ce moment, elles commencent à grimper le long des tiges sur les feuilles et les épis en formation. C'est à la fin de ce stade que les pièces buccales et les organes internes deviennent bien formés, permettant aux larves de se nourrir et de sucer les tiges et les feuilles des plantes. C'est donc à ce moment qu'on aperçoit sur les plantes les taches d'excréments ; expulsés par les larves sous la forme d'un liquide dense brun rougeâtre, ces excréments sont de plus en plus abondants au cours des stades suivants et forment pour les adultes une masse noirâtre au milieu de la tache.

Les larves avant et après chaque mue cessent leur alimentation pour quelque temps, normalement 12 heures avant la mue, et 4 à 6 heures après. Pendant la dernière mue, la période de non alimentation commence 24 heures environ avant la mue et se termine 10 heures après.

*d*) **Troisième stade.** — Après la deuxième mue, les dimensions des larves sont de 4 × 2,7 mm. Morphologiquement ce stade est caractérisé par la spécialisation des pièces thoraciques. On voit notamment sur le bord postérieur du mesonotum les premières ébauches de l'écusson et des élytres. Les orifices des glandes odorifiques dorsales sont moins visibles ; on aperçoit seulement la ligne noire pour le premier et deux plages ovales et foncées pour les deux autres.

A ce stade, la question de l'alimentation devient plus importante car les tiges et les feuilles des Graminées ne semblent pas assez riches en substances nutritives pour la croissance rapide des larves. Dans les champs précoces choisis par les Punaises mères, les épis sont maintenant formés et les grains commencent à avoir une quantité plus ou moins faible d'amidon, mais suffisante pour l'alimentation des jeunes larves. C'est à ce moment que ces dernières commencent leurs dégâts sur les grains.

*e*) **Quatrième stade.** — A ce stade, les larves sont plus grandes (5,5 — 6 × 3-4 mm) ; mais gardent sensiblement la même couleur générale jaune-verdâtre. Les points sensoriels sont moins denses et moins pigmentés. La tête prend presque sa forme imaginale. Pour la première fois, on peut voir la marque de la ligne longitudinale de l'écusson. Le Metanotum va se cacher sous le mesonotum et une petite partie seulement retera visible.

*f*) **Cinquième stade.** — Au cinquième stade, les larves mesurent 9-10 × 6-6,5 mm. La couleur est plus clair : gris brunâtre avec quelques fois des dessins plus ou moins réguliers suivant les variétés. Le mesonotum couvre alors totalement le metanotum ; l'écusson et les élytres couvrent presque trois des segments tergaux ; les orifices des glandes odorifiques dorsales sont encore plus réduits.

Ce stade est plus long que les autres (6 à 10 jours) et la croissance très sensible.

## 3° BIOLOGIE DE L'ADULTE AVANT L'HIBERNATION

*a*) **Avec la 5e mue**, l'insecte parvient à l'état imaginal, c'est-à-dire au 6e stade depuis son éclosion.

Ce stade diffère du précédent, outre l'achèvement du développement

alaire, par le nombre des articles qui passe de 4 à 5 pour les antennes, 2 à 3 pour les tarses. Les glandes odorifiques dorsales sont alors complètement atrophiées ; mais les glandes thoraciques sternales les remplacent et commencent à fonctionner.

Le dimorphisme sexuel, qui jusqu'ici, était à peine visible se manifeste par la modification du dernier segment abdominal.

Au moment où apparaissent les premiers insectes adultes, tous les épis de céréales sont bien formés et les graines ont une grande quantité d'amidon encore laiteux. Les Insectes commencent à voler d'une plante à l'autre, s'arrêtant sur les épis convenant à leur nourriture. L'alimentation est de plus en plus intense et par conséquent les dégâts plus frappants, car l'insecte est dans sa période d'activité maximum et d'autre part, il se prépare d'importantes réserves sous forme de corps gras, pour son hibernation.

*b*) **Migration vers les champs secondaires.** — Vers la fin du mois de mai, dans les régions chaudes, les cultures d'orge et de blé précoces, envahies par les Punaises au retour d'hibernation et leurs descendances larvaires, sont souvent complètement détruites. Si cependant une partie de la récolte a été préservée, ces plantes, de toute façon, ne sont plus profitables pour les Insectes car, à ce moment, leurs graines assez dures ne permettent plus des succions. Les Insectes commencent alors un déplacement les amenant finalement sur les blés tardifs situés en d'autres champs, ceux-ci pouvant être voisins mais parfois se trouver à 15 et même 20 km des champs primaires.

Les larves restant encore dans les champs primaires à cette époque, incapables de déplacements éloignés, meurent sur place, par suite du manque de nourriture.

L'activité des Insectes dans les champs secondaires est très grande, et cause des dégâts très importants.

Au cours de l'invasion de 1948, à Varamine, on a signalé l'anéantissement en quelques heures d'un champ de blé dont les graines étaient en formation, par une attaque massive de jeunes imagos venant des champs primaires.

*c*) **L'estivation.** — Les Punaises ne restent que 10 à 15 jours dans les champs secondaires ; vers la deuxième quinzaine du mois de juin, elles commencent leur vol en grande masse vers les montagnes. En 1947, à Varamine, de grands essaims sont partis vers les montagnes les 11, 12,14 et 16 juin.

Les Punaises parties des champs, suivant les distances et la position des autres champs de Céréales sur leur chemin, peuvent encore causer des dégâts plus ou moins importants.

Les Insectes volent dans les vallées aussi bien que le long des hautes chaînes de montagnes (2 000 à 2 500 mètres). Arrivés à la montagne, ils semblent avoir perdu une grande quantité d'eau, comme le montrent les changements remarquables des organes internes (FEDOTOV, 1947). Les glandes salivaires disposées sur l'œsophage ont pris une couleur pâle blanchâtre ; l'intestin médian est moins remplis de grains d'amidon ; les glandes odorifiques, d'une couleur jaune orange, sont moins volumineuses, les glandes génitales sont à peine visibles et perdues dans la masse des corps adipeux qui a rempli tout l'intérieur du corps. L'abondance plus ou moins grande du corps gras, pendant ce temps-là, peut être un indicatif pour déterminer les probabilités d'invasion de l'année suivante comme nous l'exposerons plus loin.

Après quelques jours de séjour dans les montagnes, pendant lesquels les Punaises se nourrissent sur diverses plantes sauvages, les organes internes prennent un nouvel aspect : les glandes salivaires assez volumineuses des deux côtés de l'œsophage ont une couleur rose blanchâtre ; l'intestin moyen est rempli de grains d'amidon mélangés de petites boules de graisse d'une coloration jaune sale, la glande odorifique est également pleine d'un liquide odorant d'une couleur jaune safran. Mais les glandes génitales demeurent au repos.

Les régions où les Punaises s'arrêtent pour l'estivation, sont normalement les endroits élevés et frais des montagnes, vers le nord. Pour la région de Varamine, les foyers d'estivation puis d'hibernation se trouvent sur les montagnes de Ghara-Aghadi, Ghorogh-Djadjroude et Lavassomati à une altitude de 1 000 à 2 300 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les versants de ces montagnes sont couverts de rochers.

Le tableau ci-dessous présente, d'après ALEXANDROV, le nombre des plantes à l'hectare, le nombre de punaises sur chaque plante et les plantes choisies comme nourriture estivale et servant d'abri hivernal :

TABLEAU II

*Plantes attaquées par les Punaises, en été*

| Nom des plantes | | Nombre de plantes à l'hectare | Nombre de Punaises pour une plante |
|---|---|---|---|
| Scientifique | Iranien | | |
| *Artemisia scoparia* W. K. | Dermané | 13.000-16.000 | 200-900 |
| *Artemisia chamae-melifolia* WILL. | | | |
| *Astragalus* spp. | Gavan | 6.000- 8.000 | 100-800 |
| *Acantholimon festucacum* (Jaub. E. Spach) BOISS | | 1.000- 2.000 | 50-500 |
| Autres plantes | | 0- 1.000 | 10- 50 |
| | | 20.000-27.000 | |

*d*) **L'hibernation.** — La phase estivo-automnale des Punaises correspond à la plus longue période d'activité des imagos (début juillet à fin octobre ou fin novembre suivant les années). Toutefois, au cours de cette période il y a certains arrêts temporaires d'activité, liés aux changements occasionnels de température et aux pluies automnales.

Lorsque les premières pluies hivernales vont commencer et que la température s'abaisse vers 6-8° (minimum), les Punaises se groupent définitivement dans les vallées au pied des mêmes montagnes, où elles passeront l'hiver. Cette fin de migration se caractérise par des vols non soutenus accompagnés de marches.

Les Punaises arrivant aux zones définitives d'hibernation, s'abritent en groupe sous les plantes presque sèches, autour des pieds, dans le sol et également sous les pierres, puis y restent immobiles, les Insectes demeurant sensibles cependant aux excitations externes. Cette hibernation a l'aspect d'un engourdissement hivernal mais il se peut, comme nous le verrons plus loin, que cet état comprenne également une véritable diapause en ce qui concerne les gonades.

Les plantes qui abritent les Punaises sont sensiblement les mêmes que pour l'estivation.

Le tableau suivant, d'après ALEXANDROV, résulte d'un relevé effectué en 1946 dans les zones d'hibernation de la région de Varamine.

TABLEAU III

*Hibernation des Punaises*

| Nom des montagnes | Surfaces infestées | Nombre de plantes par hectare | Nombre de Punaises sur chaque plante |
|---|---|---|---|
| Ghara-Aghadj | 1.885 ha | 20.000-30.000 | 30-900 |
| Ghorogh-Djadjroude | 2.250 ha | 30.000-35.000 | 100-500 |
| Lavassomati | 2.720 ha | 20.000 | 20 |

Pendant l'hivernation, l'alimentation cesse et tous les organes internes sont en repos. Les glandes salivaires, vides, perdues dans la masse des corps gras, sont d'une couleur rose pâle. L'intestin moyen est vide et plissé, dépourvu des grains d'amidon ; à l'intérieur, on voit uniquement une faible quantité de liquide mélangé avec des boules de graisse provenant vraisemblablement d'une dégénérescence de tissus ; les tubes de Malpighi, très minces, sont d'une couleur blanchâtre, chargés d'excrétas ; l'intestin postérieur a une forme de ballon gonflé et transparent renfermant des grains noirs d'une matière très dure. La glande odorifique également non fonctionnelle est aplatie, d'une couleur orange pâle. Les corps gras sont toujours très abondants.

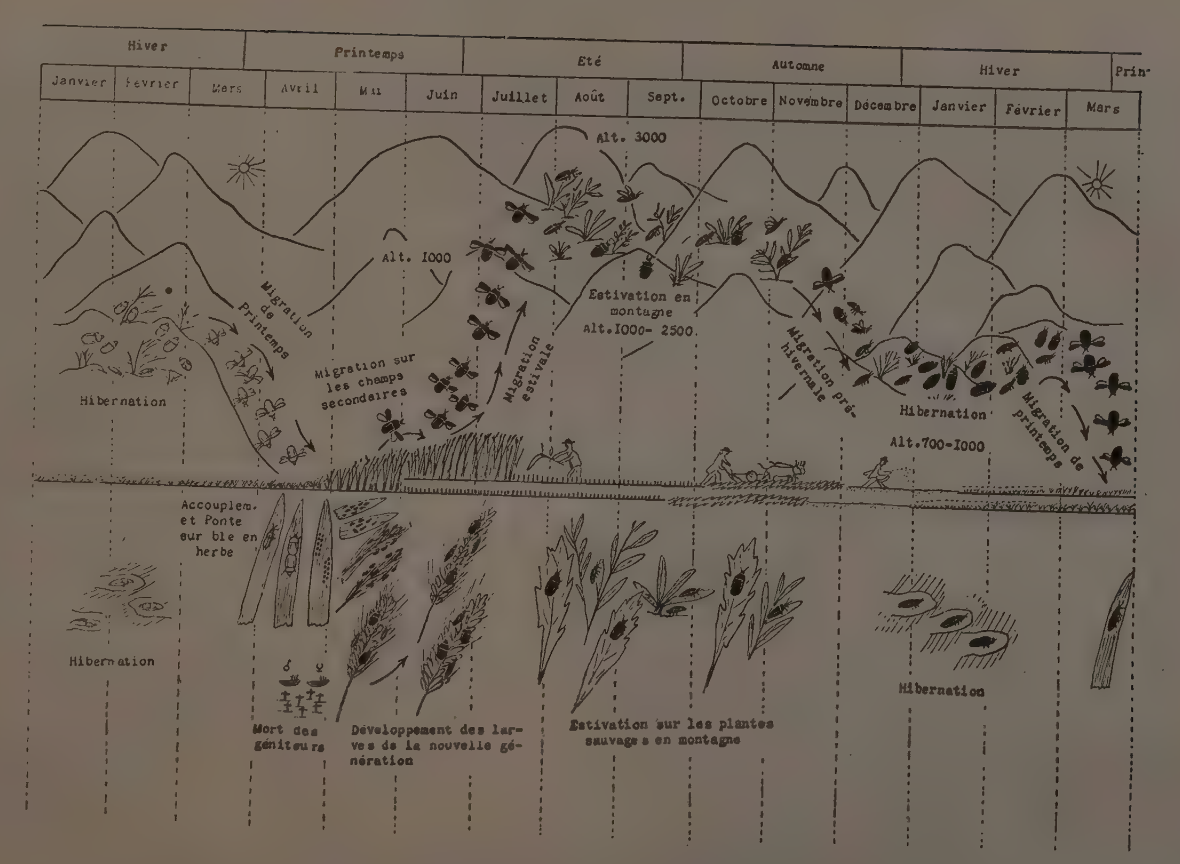



FIG. 14. — Schéma du cycle biologique d'*E. integriceps*, en Iran.

*e*) **Reprise progressive de l'activité printanière.** — Le sommeil des Punaises dure jusqu'à la fin de février. A ce moment, lorsque la température monte vers 10-12° et que les plantes sauvages reverdissent, les Punaises se réveillent complètement et reprennent leur activité. Elles vont se nourrir pendant une quinzaine de jours sur les jeunes plantes sauvages ; les organes internes reprennent leurs formes normales et leurs fonctions ; les glandes salivaires et odorifiques se remplissent à nouveau de secrétions. A ce moment, on peut sentir l'odeur désagréable des Punaises qui pique les yeux et irrite les muqueuses nasales. L'intestin moyen se remplit également de liquide alimentaire d'une couleur crème verdâtre, mais, les corps gras et les glandes génitales restent presque sans changement. Les Punaises vont alors accomplir leur migration de retour vers les champs cultivés et c'est pendant ce vol que les corps gras sont absorbés et que les glandes génitales se développent.

### 4° CYCLE D'ÉVOLUTION OCCASIONNEL D'E. INTEGRICEPS

En dehors de ce cycle (cf. fig. 14), on peut observer certaines variantes qui n'affectent qu'une partie de la population en hibernation. En effet, certaines années, on peut rencontrer sur les lieux d'hibernage un plus ou moins grand nombre de Punaises qui vont demeurer là tout l'été et s'y reproduire. Leur alimentation s'effectue alors sur les plantes sauvages de la montagne.

De tels faits semblent s'observer les années à hiver doux et présentant un retour rapide à une chaleur favorable à l'activité des Insectes. A ce moment on observe sur place, après une alimentation de quelques jours, un développement rapide des glandes génitales et l'accouplement commence.

Certains auteurs, K. V. Arnoldi (1947), Fedotov (1947) ont émis l'hypothèse que l'aptitude des formes hivernantes à effectuer leur migration de printemps vers les champs cultivés, outre qu'elle peut dépendre des conditions climatiques, serait en rapport avec l'abondance des réserves que l'insecte a pu accumuler avant son hibernation.

Les Insectes ayant de faibles réserves, épuiseraient rapidement celles-ci lors de leur reprise d'activité. Des sondages parmi les populations de Punaises en estivation ou en hibernation, permettraient de se rendre compte de l'importance des réserves chez les Insectes et de prévoir les possibilités d'une migration massive ou partielle au printemps suivant.

Cette hypothèse demanderait de plus amples observations. Le faible volume des réserves chez les Punaises demeurant au printemps et en été sur leur aire d'hibernage ne suffit pas à expliquer la maturité précoce des gonades. On a évoqué qu'un printemps très chaud, par la chaleur qu'il

apporte aux Insectes, jouerait un rôle comparable au vol migrateur quant à son action sur la maturation des glandes génitales, comme on a pu l'admettre chez certains Acridiens migrateurs. Mais la comparaison des migrations de la Punaise des blés avec les Acridiens migrateurs, si elle semble logique, ne nous apporte pour l'instant aucun élément sûr en ce qui concerne au moins les phénomènes liés au comportement grégaire.

## CHAPITRE IV

## PARASITES ET ENNEMIS NATURELS D'E. Integriceps

Malgré les nombreux parasites connus des *Pentatomides* et particulièrement du genre *Eurygaster*, on n'a pu observer un effet limitatif naturel important et entièrement suffisant sur le plan économique de ces auxiliaires à l'égard des pullulations d'*E. integriceps*. Ce fait tient peut-être d'une part aux particularités biologiques de cet Insecte migrateur, et d'autre part à l'absence de parasites spécifiques pour cette Punaise. On ne peut cependant exclure la possibilité de parvenir à mieux utiliser les auxiliaires parasites par une étude plus précise de leurs exigences écologiques.

### 1° Hyménoptères

A l'heure actuelle on connaît 8 espèces parasites des œufs d'*E. integriceps* :

— 1 Chalcidien de la famille des *Chalcididae* : *Schedius* (*Encyrtus*) *telenomicida* Vas (Turquie, Russie, Iran, Syrie).

— 7 Proctotrypides de la famille des *Scelionidae* : *Microphanurus semistriatus* Nees (Russie, Turqui, Iran ; seule espèce utilisée comme facteur de la lutte biologique) ; *M. Vassilieyi* Mayr (région transcaspienne de la Russie et Iran) ; *Trissolcus Simoni* Mayr (Russie, où selon Vassilievi, parasiterait 80 p. cent des œufs d'*E. integriceps* dans certaines circonstances) ; *Dissolcus sokolovi* Mayr (Russie) ; *Phanurus politus* Mayr ; *Hadronotus pedester* Kieff.

Aucun de ces parasites n'est strictement inféodé aux œufs d'*E. integriceps*. Ainsi *Trissolcus simoni*, en dehors des espèces d'*Eurygaster*, est capable de parasiter les pontes d'*Eurydema ornatum* (L.), *Dolycoris baccarum* (L.), etc...*Schedius telenomicida* attaque aussi les œufs de *Mesocerus marginatus* L., *Dolycoris baccarum* L., *Carpocoris pudicus* Poda, etc... et certains auteurs le considèrent comme un hyperparasite d'*E. integriceps*.

**Biologie de Microphanurus semistriatus et de M. Vassilievi.**

Nous examinerons plus particulièrement ces deux espèces car elles ont été les plus étudiées, notamment par ALEXANDROV (1947), et donnèrent lieu à de premières applications de lutte biologique. Nous empruntons ici aux travaux de cet auteur, auxquels nous ajoutons quelques observations personnelles faites sur des élevages en laboratoire.

Les *Microphanurus*, hivernent à l'état adulte.

Dans les premiers jours du mois d'avril, un peu avant la ponte d'*E. integriceps*, on aperçoit les femelles qui se nourrissent du nectar des fleurs ou mauvaises herbes existant dans les champs de Céréales. Dès que les Punaises ont déposé leurs premières pontes, les parasites commencent immédiatement à pondre dans les œufs frais d'*Eurygaster*.

En raison du taux de mortalité très élevé de ces Hyménoptères pendant l'hibernation, le nombre d'œufs parasités dans ces premières pontes n'est pas considérable. Mais la ponte des Punaises s'étalant sur une longue période (d'avril à mai) et le développement larvaire du parasite étant très rapide (6 à 20 jours), on assiste à une multiplication rapide des Hyménoptères si bien qu'au moment de la ponte maximum d'*Eurygaster*, la majeure partie des œufs de l'hôte se trouve parasitée. KAUSSARI (1940) d'après ALEXANDROV (1947) a signalé que presque 90 p. cent des œufs d'*E. integriceps* sont parasités par ces Insectes dans la région de Khar (Téhéran).

La femelle commence à pondre 2 à 3 jours après les accouplements ; la ponte, sur un œuf de l'hôte dure de 3 à 5 minutes. La femelle parasite successivement 10 à 14 œufs de l'hôte puis s'arrête. La ponte reprend après un repos de 8 à 24 heures.

On a relevé pour *M. semistriatus* souvent des pontes totales d'environ 40 œufs et SOMOLIANIKOV (1930) a obtenu une moyenne de 100 œufs avec un maximum de 185 à une température de 25 à 30°C. La ponte de *M. Vassilievi* est de 12 à 14 œufs mais peut s'élever à 30 œufs.

En général, chaque femelle ne dépose qu'un seul œuf dans chaque œuf d'*Eurygaster*, et les œufs déjà attaqués par un parasite ne sont pas parasités par un autre. Dans les conditions de laboratoires, lorsque les œufs ne sont pas en nombre suffisant pour les parasites, on observe des œufs parasités deux à trois fois ; mais les parasites inclus n'éclosent pas.

Les parasites préfèrent pondre dans les œufs récemment déposés par leur hôte, mais au laboratoire ils pondent également dans des œufs avancés,même ceux du 5e stade (voir développement embryonnaire d'*E. integriceps*) mais il est très rare d'observer des sorties de parasites adultes de ces œufs.

L'évolution embryonnaire et post-embryonnaire des parasites dure,

suivant la température, de 9 à 27 jours, comparable donc à celle normale de l'hôte (6 à 20 jours).

Pendant les 2 ou 3 premiers jours après la ponte du parasite les œufs ne subissent aucun changement. Mais vers le 5[e] jour, l'œuf entier prend une une coloration noirâtre ou brun foncé. Certains auteurs interprètent cette couleur noire comme provenant des exuvies larvaires des parasites (ZWOLFER, ALEXANDROV, MAKHOTIN). Cependant tous les œufs parasités ne prennent pas cette teinte. On en observe très fréquemment ayant une couleur jaune crême. C'est surtout au laboratoire que la majorité des œufs parasités ont cette couleur.

ALEXANDROV a montré au laboratoire à 28-30°C et à 70 ou 75 p. cent d'humidité, que parmi 5 millions d'œufs d'*E. integriceps* parasités par *M. semistriatus* 22 p. cent seulement sont noirs. Mais à une température plus basse (20-22°C) cette proportion atteint environ 65 p. cent.

Mais de toutes façons, en ce qui concerne la durée de l'évolution, l'activité et le nombre des générations, il n'y a aucune différence entre les individus sortant des œufs jaunes ou noirs.

La larve parasite présente vraisemblablement 3 stades successifs comme chez tous les *Scélionidae* en général (CLAUSEN, 1940, SILVESTRI, 1932).

La larve du parasite se développe très rapidement pour remplir toute la cavité de l'œuf hôte, y subit la nymphose et la mue imaginale. Le jeune imago opère avec ses mandibules un trou de sortie plus ou moins arrondi, et irrégulier sur le pôle supérieur de l'œuf.

C'est la forme du trou petit et irrégulier et l'aspect du chorion mat, et d'une couleur jaune sale, qui permettent de distinguer les œufs ayant donné des parasites, des œufs ayant éclos normalement. Ceux-ci comme nous l'avons vu, restent transparents et l'opercule est plus grand et très régulier.

*Microphanurus semistriatus* peut se reproduire par parthénogénèse arrhénotoque facultative. Normalement les œufs de Punaise parasités par des femelles fécondées donne davantage de femelles que de mâles (environ 80 p. cent de femelles) d'après ALEXANDROV.

*M. semistriatus*, à Varamine, pourrait avoir 14 à 15 générations par an et ce sont les 3 ou 4 premières qui se développent aux dépens des œufs d'*E. integriceps*. Mais après la récolte des blés, cette espèce peut continuer son cycle évolutif sur les œufs des autres Punaises existant dans la région.

Cependant à Varamine, la monoculture intensive des Céréales, la chaleur insupportable de l'été après la récolte (60°C au niveau de la terre) et l'absence des champs en jachère contenant des mauvaises herbes sur lesquelles peuvent exister d'autres Punaises, ne permettent pas à la majorité des parasites de continuer leur cycle sur des hôtes secondaires. Par conséquent, une grande partie de ces auxiliaires meurt au cours de l'été ;

une faible proportion seulement réussit à gagner les plantations arbustives offrant une ambiance plus fraîche où il pourra y avoir estivation puis hivernation.

*M. semistriatus* choisit de préférence pour son hibernation, des arbres comme le Mûrier, le Platane, l'Orme et les arbres fruitiers. Il y trouve fréquemment des œufs d'*Apodiphus amygdali* GERM (*Pentatominae*) qu'il parasite volontiers.

*M. Vassilievi*, dans les régions moins chaudes (en Russie, par exemple), s'abrite généralement dans les champs sous les chaumes. Mais en Iran, il ne peut résister à la chaleur ; la majeure partie meurt, et le reste s'abrite vraisemblablement dans les trous des murs lézardés des vergers. En effet, on n'a jamais rencontré ce parasite avec *M. semistriatus* et cependant il apparaît au printemps dans les champs en même temps que ce dernier.

### 2° Diptères

Parmi les Diptères parasites d'*E. integriceps*, ALEXANDROV (1947) cite cinq espèces de la famille des *Tachinidae* : *Ectophasia crassipennis* F. ; *Ectophasia rostrata* (EGGER) ; *Helomyia lateralis* (MG.) ; *Clytiomyia helluo* F. ; *Cystogaster globosa* F.

Ces espèces sont très polyphages et leur rôle est assez important.

Les Tachinaires cimicophages ont été étudiées notamment par J. PANTEL (1910), DOBROVOLSKI (1913), W. BAER (1919), D. M. FEDOTOV (1944) ; I. A. RUBTZOV (1947), O. A. TCHERNOVA (1947), B. B. ROHDENDORF (1947), C. DUPUIS (1947-48-49).

Nous rappellerons ici les caractères biologiques de deux espèces représentées en Iran, où elles ont donné lieu à des observations :

*Ectophasia crassipennis* F. : espèce commune à Varamine (Iran) et parasitant 4 à 10 p. cent des populations d'*E. integriceps* ; *Helomyia lateralis* MEIG : vit en Europe occidentale et en Russie méridionale. On estime qu'en Iran, pendant l'année 1947, 5 p. cent environ d'*E. integriceps* ont été parasités par elle.

On observe les premières mouches adultes dans les premiers jours du mois d'avril. Elles se nourrissent alors sur les fleurs, particulièrement sur les Composées.

Lorsque les Punaises deviennent adultes en juin, ou pendant le dernier stade larvaire, les Mouches femelles fécondées commencent à pondre sur le tégument dorsal de leur hôte dans la région abdominale.

Certains auteurs ont admis que les Diptères attaquent les Punaises adultes au moment de leur envol, collant un œuf sur les tergites découverts par les ailes. Ceci expliquerait la position des œufs d'*E. crassipennis* sur le dos de l'abdomen de l'hôte et de *H. lateralis* dans des replis du tégument, dessous des ailes.

L'œuf d'*E. crassipennis* est ovoïde et mesure 1 mm. environ, d'une couleur jaune, et celui de *H. lateralis* est aplati latéralement, ovale, mesurant 0,55 mm. environ, avec un pédoncule de 0,12 et 0,13 mm (I. A. RUBTZOV, 1947, DUPUIS C., 1949).

La période de ponte dure de 25 à 30 jours. Le nombre d'œufs pondus par *E. crassipennis* est d'environ 30 à 40 tandis que pour *H. lateralis* il peut atteindre 90.

L'évolution post-embryonnaire comprend trois stades larvaires. Les stigmates postérieurs des larves II et III, sont engagés dans un siphon respiratoire chitineux épais, qui est inséré dans le thorax de l'hôte.

DUPUIS a observé que les larves parasites du 3e stade abandonnent leurs Punaises hôtes chez les mâles par la déchirure de la membrane inter-segmentaire des sternites VII et VIII et chez les femelles, par l'orifice vulvaire.

Il y a une ou deux générations annuelles suivant les conditions climatiques du pays. A Varamine, pour *E. crassipennis*, on ne connaît qu'une seule génération sur *E. integriceps*.

L'hibernation des Tachinaires a lieu au stade de *puparium* dans le sol, ou de larve à l'intérieur de l'hôte. Plusieurs auteurs : NIELSEN (1909) ; PANTEL (1910), DUPUIS (1947), constatent que les larves de *Phasiinae* hivernent au 2e stade tandis que RUBTZOV (1947) signale que l'hibernation des larves de *H. lateralis* a lieu à un stade jeune I ou II, chez *E. integriceps*.

Les larves au stade III quittent l'hôte quelque temps après la migration printanière vers les champs de céréales ; le *puparium* se forme dans la terre (près de la surface) ; après 10 à 12 jours l'adulte apparaît.

On observe cependant très fréquemment l'abandon de l'hôte par la larve III juste avant l'hibernation. Dans ce cas, le puparium reste en hiver dans la terre et l'adulte n'apparaît qu'au printemps, lorsque la température atteint 20 à 25°C.

Les punaises libérées de leur parasite peuvent survivre de 5 à 10 jours suivant l'espèce de celui-ci. Il semble que les Punaises parasitées par *Ect. crassipennis* survivent plus longtemps que les Punaises parasitées par d'autres espèces, car on observe fréquemment un petit nombre d'œufs après le départ de la larve parasite. Mais on n'a jamais observé l'éclosion de ces œufs.

### 3° Ennemis naturels divers d'E. integriceps

ZWOLFER (1932) signale en Turquie une Mouche prédatrice de la famille des Asilidés, *Heteropogon ornatipes* LOEW. qui capture les Punaises et aspire le contenu de leur abdomen.

Parmi les oiseaux, le plus important est la Cigogne, cependant que

ZWOLFER (1930) signale l'hirondelle comme prédateur d'*E. integriceps* en Turquie. HIBRAOUI (1920) cite le Moineau en Syrie.

Ce dernier auteur signale également un champignon entomophage sous le nom de *Isaria densa* qui attaque les Punaises en élevage.

MOKTZECKI S. (1926) a obtenu des infections expérimentales d'*E. maura* par *Botrytis bassiana* et *B. tenella*, mais il n'a jamais obtenu de résultats pratiques dans les champs.

## CHAPITRE V

## DISTRIBUTION, IMPORTANCE ÉCONOMIQUE ET DÉGATS D'E. Integriceps

### 1° DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET NUISIBILITÉ GÉNÉRALE

*E. integriceps* est localisé entre les 30 et 50° de longitude et les 35 à 50° de latitude nord ; cette région comprend : Irak, Iran, Palestine, Syrie, Turquie ; sud de la Russie, Hongrie, Italie, Grèce et Afrique du Nord.

*E. integriceps*, décrite en 1881 par PUTON, était depuis bien longtemps connue comme un grand fléau des cultures de céréales dans la plupart des pays du Moyen-Orient et dans le Sud de la Russie.

Elle est nommée communément en Iran « Sen » ou « Kassé Pochtak é-Gandon » = Petite tortue du Blé. En Irak « Eroïja », en Turquie et Syrie « Souné » et au Liban « Kauroi ».

Le plus ancien document historique est le récit de la grande invasion des Punaises appelées « Kaummal » en Irak, pendant la royauté de HAROUN-EL-RACHIDE dans la deuxième moitié du VIIIe siècle. Cette invasion avait alors causé une famine pendant quelques années ; il est vraisemblable que cette Punaise était *E. integriceps* (HIBRAOUI, 1930).

Dans l'histoire persane, on rapporte que le Commandant NADER-CHACH en 1736, revenant de la conquête des Indes, a ordonné à son armée de brûler toutes les herbes et plantes sauvages des montagnes qui étaient les zones d'hibernation d'*E. integriceps* [1].

Les ouvrages et les documents parus au cours du XXe siècle nous décrivent des attaques terribles en plusieurs années successives, ou tous les 4 à 5 ans, dans les pays où habite cet Insecte.

En Iran, presque toute la surface du pays (excepté la région du sud-est et bien entendu le grand désert central du Dachte Loute), est envahie

[1] On donne encore crédit chez les paysans à une interprétation erronée affirmant que les Punaises noires (*E. integriceps* var. *nigra*) sont une génération de Punaises ayant résisté au feu et ils les appellent « Sen-é-Naderi ».

par cet Insecte, et les quatre grandes provinces de l'Iran : Téhéran, Ispahan, Chiraz, et Kerman, son attaquées d'une façon surprenante.

Les autres régions sont plus ou moins infestées lors des années favorables, environ tous les 4 à 12 ans. Parmi ces attaques occasionnelles, on peut citer la grande invasion dans les champs de Céréales d'Ardehil (Province Azarbaidjan) en 1951. Ce fait était presque nouveau dans la région (DAVATCHI A.).

Pendant les 30 dernières années, pour les seules provinces de Téhéran, Ispahan et Chiraz, les pertes causées par cet Insecte sont estimées de 10 à 25 p. 100 de la production totale des Céréales. Les années 1927, 1933, 1940, 1947, 1950 sont considérées comme les années d'invasion d'*E. integriceps* en Iran où les dégâts ont été de beaucoup les plus importants. Pendant les années 1947 ou 1948, on a estimé les dégâts, rien qu'aux environs de Téhéran, à 100 millions de Rial (environ un milliard de francs).

Les régions d'attaque permanente pour les trois pays (Turquie, Irak et Syrie) sont les frontières communes de ces trois pays.

En Syrie, *E. integriceps* a commis d'importants dégâts dans le nord et dans l'ouest (HIBRAOUI, 1930). ACHARD (1927) a étudié *E. integriceps* en Palestine.

En Irak, on a signalé *E. integriceps* dans les Provinces de Moussoul, et le foyer d'hibernation des Punaises pour les trois pays voisins (Turquie, Irak, Syrie) est la chaîne des Montagnes de Moussoul.

Les auteurs russes signalent les importants ravages périodiques d'*E. integriceps* en Russie du sud, DEMENTIEV (1881) ; MOKRJETZKII (1894-1898) ; VASSILIEV (1904-1913) ; UVAROV (1914-1916) ; FEDOTOV (1941) ; ARNOLDI (1942) ; PIEREDELSKII (1947).

## 2° DÉTAILS SUR LES DÉGATS

L'action néfaste des Punaises au printemps, est très variable. Si les Insectes au retour de l'hibernage attaquent les cultures d'Orge, qui sont très avancées à ce moment et dont les grains sont en formation, les dégâts ne sont pas toujours graves, parce que les Punaises émigrées ne sont pas très nombreuses et parce que les plantes déjà presque mûres, souffrent peu des attaques.

Mais si les Punaises émigrées envahissent les champs de Blé, elles sont alors très dangereuses, car elles piquent les feuilles et les tiges, surtout les tiges basales et le bourgeon initial plus juteux et facile à sucer. Les feuilles attaquées de cette façon jaunissent et se dessèchent, la plante s'affaiblit (épis chétifs, blanchâtres avec des grains non formés ou très maigres).

On a cité en 1947, en Varamine, des champs fortement envahis dont la presque totalité des pousses centrales avait souffert de ce genre

d'attaque. Dans la même année, il y a eu de 10 à 25 p. 100 des épis avortés, sans aucun grain, et dans les champs fortement envahis, cette proportion a atteint 30 p. 100.

Les dégâts par les larves et les jeunes imagos sont encore plus élevés, car en été, le nombre des Insectes atteint son maximum et les Céréales sont en fructification. Pendant cette période, ce sont surtout les épis qui souffrent ; ils deviennent très pâles avec de petits trous sur les glumes et les glumelles, représentant les piqûres des Punaises. Sur les grains sucés pendant la période de mâturité laiteuse, et dont une grande partie de la substance a été aspirée par l'Insecte en une ou plusieurs piqûres, on observe des dépressions et des rides.

Les grains piqués tardivement, c'est-à-dire à une période où leur substance déjà trop dure ne peut que difficilement être aspirée par les Insectes, ne présentent pas de dépressions mais des taches claires et nettement délimitées avec points de piqûres visibles en leur milieu. Le changement de teinte consécutif à la piqûre est variable selon la nature et la couleur originale des grains. Les parties des grains piqués tardivement, deviennent nettement crayeuses et blanches.

Divers auteurs : VAYSSIERE P. (1936), FLECKINGER J. (1936), NURET H. (1936) ont étudié les changements physiques, physiologiques, histologiques et chimiques des blés punaisés ; nous résumerons ici leurs conclusions qui se rapportent surtout à l'action des espèces nord africaines.

Lorsque l'insecte a opéré de bonne heure sur les grains, ceux-ci peuvent perdre 25 p. 100, et plus, de leur substance.

Le pouvoir germinatif et l'énergie germinative sont aussi plus ou moins abaissés et tombent même à zéro dans les cas graves ; l'action est plus marquée quand les piqûres ont été faites du côté du germe.

Les cellules de l'assise protéique sont plus ou moins vidées de leur contenu (aleurone) alors que celles du tégument externe restent normales.

Dans un grain, au niveau de la piqûre et au voisinage immédiat du tégument externe, les cellules de l'assise protéique ont disparu. Quelquefois, s'ajoute une production nouvelle de cellules à membrane anormalement forte.

Les cellules de l'albumen qui sont attaquées, perdent leurs membranes si bien que le gluten et les grain d'amidon qu'elles contenaient se retrouvent libres dans le grain.

Le trou de piqûre de l'Insecte est obstrué par un cône de matière protéique.

Dans les blés punaisés, le gluten est diminué (parfois jusqu'à la disparition totale) et devient filant et collant [1].

[1] Gluten filant ou collant est la traduction du terme allemand « Leimkleber » qui n'exprimait autrefois qu'une manière d'être du gluten, mais maintenant employé pour désigner les gluten des blés punaisés (CATTANÉO, 1936).

Les farines des blés punaisés contiennent une quantité anormale d'acides aminés. La diminution de l'azote total et une augmentation de l'azote soluble sont remarquées par MIEGE (1934), tandis que KOSMIN (1933) émet une opinion contraire indiquant également la diminution de la gliandine et surtout de la glutenine. On signale, par contre, une augmentation des acides aminés préexistants et du pouvoir protéolytique.

Les matières hydrocarbonées sont également réduites, mais leur proportion, par rapport au gluten, augmente, car le gluten aurait disparu en plus ou moins grande quantité alors que beaucoup de grains d'amidon sont restés à l'état libre dans la zone attaquée. Les sucres préexistants sont accrus, indice de certaines actions amylolytiques.

Le pouvoir diastasique, d'après BERLINER (1931), reste normal, mais l'amidon des blés punaisés est moins résistant aux actions diastasiques.

Les matières minérales, les matières grasses et l'acidité ne sont pas changées.

Il semble que jusqu'à 1,2 ou 2 p. 100 de grains punaisés dans un lot de blé, il n'y ait pas de danger bien marqué quant à la valeur boulangère ; toutefois, avec 2 à 4 p. 100 ou 5 p. 100, l'amoindrissement serait très net et se manifesterait par la baisse du gonflement spécifique, des qualités plastiques et de la durée de l'évolution de la pâte, le tout avec répercussions possibles sur la qualité et le goût du pain (pain plus ou moins amer et à l'odeur de Punaise). LOEB (1936) cite des blés marocains contenant 1,5 à 2 p. 100 de grains punaisés qui ont donné des farines inutilisables en boulangerie. Toutefois, sur l'ensemble de ces divers points, subsistent de nettes divergences entre les auteurs.

# CHAPITRE VI

# LA LUTTE CONTRE LA PUNAISE DES BLÉS

## 1° PROCÉDÉS MÉCANIQUES ET PHYSIQUES

En premier lieu se place le procédé primitif du ramassage des Punaises dans les champs, soit au moyen d'appareils mécaniques collecteurs, soit simplement à la main par les paysans.

La technique peut être employée au moment des attaques occasionnelles des insectes, lorsque rien n'a été prévu pour la lutte. Il faut agir très précocement afin de décimer, avant leur ponte, les Insectes arrivant au début du printemps.

Le plus simple des appareils collecteurs est un filet à grand cercle et long manche qu'un ouvrier utilise comme filet fauchoir sur les champs

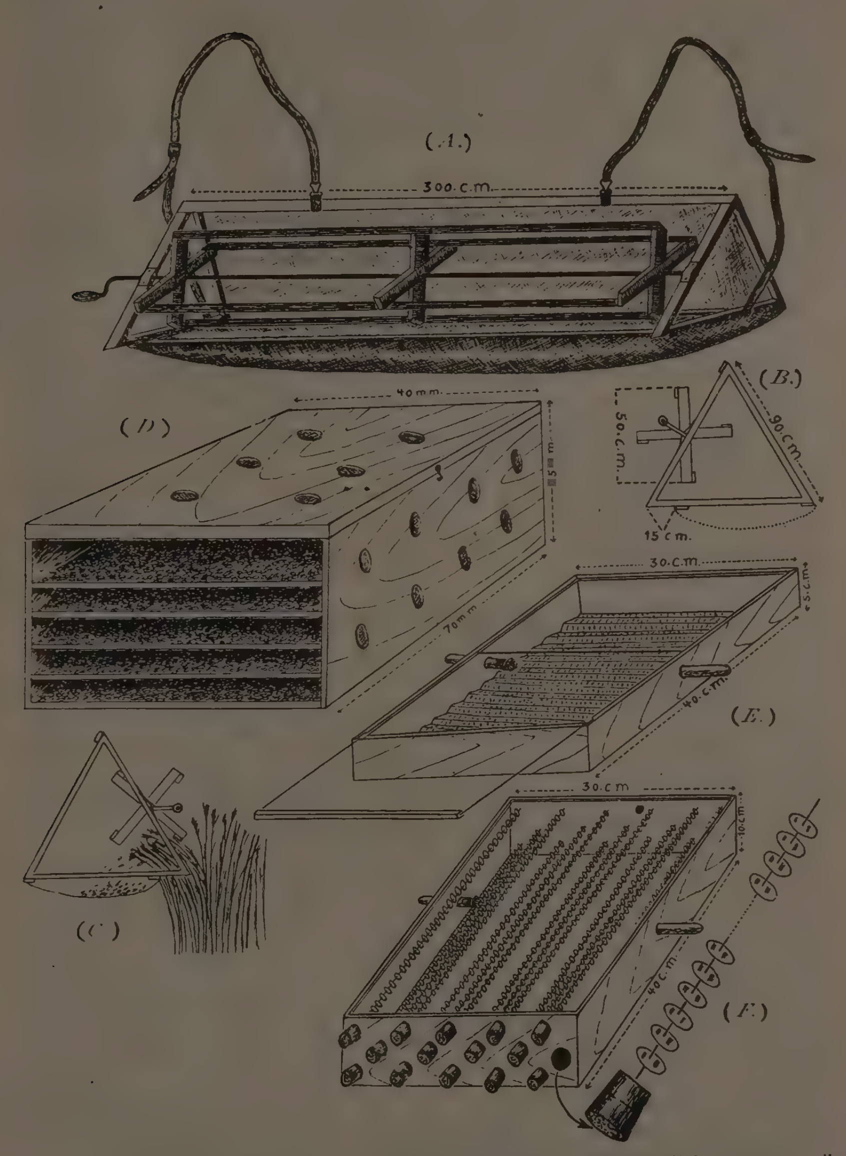



FIG. 15. — A, collecteur de Punaises, à manivelle, selon Knyozev. B, vue de profil du même appareil. C, appareil fonctionnant, vue de profil. D, boîte de conservation des Punaises selon Talitzkii. E et F, boîte d'élevage des Hyménoptères parasites d'Eurygaster selon Smoljamkov.

de céréales. Mais divers appareils mécaniques ont été imaginés, tel le modèle à pales et manivelle de KNYOSEV construit en bois et porté par deux ouvriers à l'aide de deux courroies (fig. 15, A. B. C.).

Il faut passer dans le même endroit deux à trois fois à une heure d'intervalle. L'opération donnera les meilleurs résultats entre 6 h et 9 h et à partir de 17 h.

Si la mâturité des Céréales a lieu avant la fin des stades larvaires d'*E. integriceps*, il est recommandé de ne pas couper les Céréales sur une bande de 3 à 6 m tout autour des champs. Les Insectes se portent en masse sur ces bandes et on peut les y ramasser très facilement.

Depuis bien longtemps les paysans qui connaissent les zones d'hibernation des Punaises avaient l'habitude de brûler tous les ans pendant l'hiver, les plantes sauvages sous lesquelles les Insectes s'abritent. Cette tradition s'est maintenue et on a envisagé d'utiliser divers combustibles liquides (Gaz-oil notamment) pour brûler entièrement les plantes qui ne sont pas toujours complètement sèches.

Mais les résultats ne sont pas en rapport avec le prix de revient de l'opération, car la plupart du temps, les Insectes s'enfoncent dans le sol et bon nombre d'entre eux échappent au feu.

## 2° PROCÉDÉS CHIMIQUES

Jusqu'ici on avait tendance à n'utiliser la lutte chimique que sur les Punaises des zones d'estivation vivant sur des plantes sauvages, ou sur les Punaises massées après la récolte sous les gerbes. Dans les zones d'estivation on a préconisé l'usage du cyanure de calcium répandu avec une poudreuse, au pied des plantes hébergeant les Punaises. L'efficacité réelle de cette méthode est douteuse, malgré certains chiffres indiquant en Voramine l'observation de 85 à 90 p. 100 de mortalité.

Dans les champs, après la récolte, les Punaises se massent souvent sous les gerbes. En Iran, on utilise alors, selon la méthode préconisée avec succès par ALEXANDROV, la pulvérisation sur les chaumes sous les gerbes, d'une solution d'arseniate de soude à 1 p. 100. On préconise encore de laisser une bordure de Céréales debout autour des champs moissonnés, les Punaises s'y rassemblant. Ces parcelles sont alors traitées chimiquement.

Mais l'emploi d'arsenicaux sur les pailles, qui peuvent être utilisées pour la consommation par le bétail, offre de graves inconvénients. Même en retardant la récolte des céréales traitées, la toxicité demeure à redouter. En Russie, cependant, on a utilisé ce produit en grand sous forme de poudre d'arseniate de chaux, épandue par avion (PIEREDELSKII, 1947). Mais cette méthode est coûteuse et dangereuse.

Récemment, en Iran, on a utilisé le parathion en solution à

1 p. 7 5000 avec d'excellents résultats (DAVATCHI, 1950-51). Ce même produit a été reconnu efficace lors des traitements effectués en Syrie (TALKOHK, A. S., 1951). Par ailleurs TITOVITCHT et SWITKO (1951), signalent l'efficacité des traitements par poudrage au D. D. T. à 5 p. 100, sur les larves d'*E. integriceps*.

Il n'est pas douteux que l'on puisse arriver à mettre au point une technique insecticide pouvant s'appliquer aux cultures de céréales jeunes et qui doive détruire les jeunes foyers des nouvelles générations.

## 3° LUTTE BIOLOGIQUE

Les Hyménoptères sont considérés comme les parasites d'*E. integriceps* les plus efficaces et les plus nombreux.

Mais comme nous l'avons vu, la sensibilité de ces parasites ne leur permet pas de résister aux forts changements de température et la plupart meurent au cours de l'été. Par conséquent, au début de l'attaque des Punaises, au printemps, il y a très peu de parasites, et dans certaines régions pas du tout. Par exemple, à Varamine, avant 1941, on n'avait jamais observé de parasites, tandis que dans une région voisine, à Khar, on les connaissait très bien surtout en fin de saison où ils étaient très abondants. C'est KAUSSARI qui, à cette époque, a transporté les œufs parasités d'*E. integriceps* de Khar à Varamine [1]. Mais cette introduction de parasites était trop tardive. De même, dans les conditions naturelles, la pullulation de parasites n'arrive à un niveau suffisamment élevé qu'en fin de développement de l'invasion, et leur activité ne serait efficace que s'il y avait alors une nouvelle génération de Punaises.

C'est ce fait qui a donné aux auteurs l'idée d'élever pendant l'hiver une grande quantité de parasites et de les lâcher dans les champs infestés juste quelques jours avant la première ponte des Punaises. Cette méthode a été employée en Russie en 1904, mais en Iran, des expériences plus importantes ont été entreprises au cours des années 1945 à 1947 avec la collaboration d'ALEXANDROV.

Nous résumerons ci-après, les travaux de cet auteur.

La lutte biologique faite en utilisant *Microphanurus semistriatus* et *M. wassilievi*, a comporté : le ramassage puis le transport en laboratoire des Insectes hôtes et des parasites ; des élevages ; des libérations de parasites dans les champs.

Le meilleur moment pour ramasser les Punaises dans les zones d'hibernation s'est montrée la première quinzaine du mois de décembre.

En laboratoire, l'élevage des Punaises se pratique dans des chambres ou des cages où règne une température de 25 à 30°, et exposées au soleil.

(1) La même expérience a été faite pour la première fois par WASSILIEV (1904) en Russie (de Turkamanistan à Kharkov).

On se sert habituellement de cages en bois (1 × 0,5 × 0,5) grillagées sur 3 côtés, vitrées en haut et sur la 4e face. Dans chacune de ces cages on peut mettre jusqu'à 1 000 punaises (1 kg environ). Si l'élevage se fait directement dans la chambre (sans cage), la température ne doit pas être au-dessous de 20°C au niveau du parquet.

Les Punaises sont nourries avec du Blé en herbe que l'on a obtenu par germination dans des terrines ou dans des boîtes ; l'avoine et l'orge peuvent être employées au même titre. L'humidité des chambre d'élevage sera maintenue entre 60 et 70 p. 100.

Les Punaises transportées au laboratoire reprennent leur activité et la ponte a lieu 3 à 5 jours après l'accouplement.

Les œufs doivent être ramassés immédiatement après la ponte avec le fragment de feuille qui les porte, comptés et collés sur des feuilles de papier relativement épais (bristol). Les papiers portant les œufs sont mis à la disposition des parasites dans une boîte spéciale à couvercle vitré. Pour ceci, on peut choisir deux sortes de boîtes : dans le premier cas (papiers pliés en accordéon) ce sont de simples boîtes mesurant 40 × 35 × 5 cm (fig. 15 E) qui peuvent contenir 8 à 10 000 œufs ; dans le deuxième cas (papiers coupés en morceaux) les boîtes ont également la même forme avec une profondeur double (40 × 35 × 10).

Dans certains cas, on peut loger jusqu'à 15 et 20 000 œufs dans chaque boîte.

Pour deux modèles, deux trous sont aménagés sur les deux côtés pour recevoir deux tubes à essai. Un de ces tubes est rempli d'eau, l'autre contient un sirop de sucre ou du miel pour la nourriture des Hyménoptères parasites, les tubes étant bouchés par un tampon de coton hydrophile.

Quand les pontes sont placées dans les boîtes, on introduit les parasites à raison de 10 p. 200 à 300 œufs d'*Eurygaster*. Deux à quatre jours suffisent aux *Microphanurus* pour parasiter tous les œufs ; on peut alors les transférer dans une autre boîte en ajoutant 50 p. 100 de nouveaux parasites femelles.

Les conditions atmosphériques sont les mêmes que pour *Eurygaster*. Mais à une température de 24 à 25°C et une humidité de 55-60 p. 100, les parasites adultes vivent plus longtemps et leur fécondité s'accroît sensiblement. De cette façon la multiplication des parasites continue au laboratoire. Lorsque la multiplication est suffisante, on conserve les parasites et les œufs parasités dans des boîtes ou bocaux bien aérés à une température de 2 à 4°, sans jamais dépasser 5°C pour une période de 2,5 à 3 mois.

Au printemps on expédie les parasites dès que l'on observe l'apparition des premiers adultes émigrants dans les champs de céréales.

Au moment où les Punaises commencent à pondre, on lâche les parasites dans les champs. Il faut d'abord contrôler l'importance de l'attaque. Dans les cas où il y a 2 à 4 Punaises au mètre carré, on lâchera 10 000

parasites à l'hectare. On choisit pour la dissémination des journées chaudes et calmes.

Il est recommandé de lâcher les parasites en deux fois avec un intervalle de 3 à 4 jours. Si on emploie des parasites adultes, il faut les nourrir 2 à 3 jours avant le lâchage pour qu'ils soient bien actifs. Pour les lâcher on ouvre les boîtes et l'on marche lentement dans les champs jusqu'à ce que tous les parasites soient sortis. Dans le cas d'œufs parasités on répartit ceux-ci dans quelques enveloppes ouvertes que l'on attache aux plantes.

On peut également élever des parasites directement dans les champs sous châssis. Ce sont des châssis ordinaires de 2 × 1 × 0,20 m., vitrés, disposés dans les champs à raison d'un pour 50 à 100 hectares..

Au début du printemps, 15 à 20 jours avant la migration des Punaises, on introduit sous ces chassis 30 à 35 000 (3 kgs) d'*Eurygaster* ramassés dans les foyers d'hibernation. Grâce à ce milieu favorable, les Insectes commencent leur activité printannière plus tôt. Au moment de la ponte, on introduit 2 à 3 000 parasites pour 1 kg de Punaises en 3 ou 4 fois (8 000 environ par chassis). 3 à 4 jours après l'accouplement et la ponte, les Punaises meurent et les parasites se multiplient aux dépens de leurs œufs. On nourrit les parasites à l'eau sucrée deux fois par jour. Chaque châssis peut produire jusqu'à 500 000 parasites ; lorsque les Punaises envahissent les champs, au moment de leur ponte, on ouvre les châssis et on libère les parasites sur les champs.

Les rapports des trois laboratoires biologiques de l'Iran dans les Provinces de Téhéran, Ispahan et Chiraz en 1950, montrent l'importance du travail fait et le niveau des résultats obtenus :

*Téhéran* : a lâché 12 600 000 parasites dans les champs de Khar et Varamine ; la moyenne du pourcentage de parasitisme a été de 60 p. 100.

*Ispahan* : 7 000 000 de parasites ont été distribués dans les champs voisins de cette ville ; le degré de parasitisme était de 70 p. 100.

*Chiraz* : 3 000 000 de parasites libérés sur une surface de 300 hectares ont donné un pourcentage de parasitisme de 70 p. 100.

Malgré les résultats encourageants obtenus, cette méthode est encore très récente pour être au point et elle exige encore pour son achèvement, un grand nombre d'expérience et études faites sur place. Leur but essentiel serait :

1. Continuer l'étude de la bio-écologie des entomophages afin de pouvoir protéger les espèces intéressantes dans la nature pendant l'estivation puis l'hibernation. Pour cela on peut, sans doute, envisager certains changements dans les méthodes culturales : par exemple, plantation près des champs des arbres préférés des parasites pour leur hibernation.

2. D'essayer d'augmenter, en laboratoire, le nombre de générations annuelles d'*Eurygaster*, ou obtenir des élevages d'autres Punaises pour la multiplication des parasites au laboratoire.

3. Déterminer l'attaque probable des Punaises par un contrôle dans les zones d'estivation, etc...

Il demeure évident cependant, devant la gravité des invasions d'*Eurygaster*, qu'aucune des méthodes de lutte envisagées ne peut à elle seule, assurer une protection totale et généralisée, mais incontestablement les plus intéressantes à l'heure actuelle sont la lutte biologique et la lutte chimique. Il convient donc de choisir selon les circonstances, celle qui peut paraître la plus économique à égalité d'efficacité.

*Reçu pour publication le* 10 *mars* 1954.

## BIBLIOGRAPHIE

ACHARD (E.). — Le « Souné » (*Eurygaster integriceps*) dans l'État de Syrie en 1925 et 1926. *Syrie : Minist. Trav. Publ. et Agric.* Damascus, 12 juillet, 15 p., 15 septembre 1926, 13 p., 1926.

ACHARD (E.) et ADLE (A. H.). — Le « Souné » ou « Sen » (*Eurygaster integriceps*) et ses dégâts en Syrie et en Perse. *Inst. Intern. Agric. Rome.* 1re Conf. Intern. blé, 46 p., 1927.

ALEXANDROV (N.). — *Eurygaster integriceps* PUT. à Varamine et ses parasites. *Entom. et Phytopath. Appl. Téhéran*, nº 5 : 29-41, 6-7 : 28-47, 8 : 16-52 (en Iranien, résumé français, 11-14, 8-17, 13-20, 1947, 1948.

ARNOLDI (K. V.). — *Eurygaster integriceps* dans la nature en Asie centrale. Moments écologiques et biocenologiques de sa biologie. *Recueil Sbornik-des travaux sur E. integriceps par l'Expéditon en Asie centrale de l'Institut A. N. Severtzov de morphologie évolutive. Ak. Nauk. SSSR., Edit. Moscou-Léningrad.*, p. 1, 136-269, 3 fig. (en russe), 1947.

BAPTIST (B. A.). — The morphology and physiology of the salivary glands of Hemiptera Heteroptera. *Quart. Journ. Mic. Sc.*, vol. 83, p. 91, 1941.

BERLESE (A.). — Gli insetti, Milan, 1909-1925.

BERLINER (E.). — Der « Leimkleber », ein Gefahr für den Müller. *Das Mükler laborat.*, nº 1, p. 1-3 (Leipzig), 1931.

BERLINER (E.). — « Leimkleberweizen » ist « Wanzenweizen ». *Das Mühlenlabor.*, nº 4, 25-26, 1931.

CATTANEO (M.). — Glutens filants dans les blés des pays hollandais de la récolte de 1935. *Bull. Ecole Franç. Meunerie*, nº 51, 202-204, 1936.

DEFAGO (G.). — Observations sur les Punaises des céréales en Suisse. *Bull. de la Murithienne Soc. Valais. Sc. Nat., Lausanne*, fasc. 54, 94-136, 10 fig., 1937.

DOBROVOLSKI (N. A.). — Some information on the egg parasites of *Eurygaster integriceps* Put. in the government of Charkov. *Messager Ent. Kiev.*, nº 2, 229-236, 1913.

DUCHON (F.). — Beitrag zur Frage der « Kleberoest » (Leimkleber des Weisens. *Vestn. Cel. Akad. Zeméd. Prague*, 10, nº 4-5, 261-265 (en Tchèque, résumé allemand), 1934.

DUPUIS (C.). — Notes à propos des *Eurygaster* (Hemipt. Pentatomidae). Fam. Scutelleridae). Systématique, Biologie, Parasites. *L'entomologiste*, IV, nº 5-6, 202-205, 1948.

FEDOTOV (D. M.). — Modifications de l'état interne de l'imago d'*Eurygaster integriceps* au cours de l'année. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exped. Asie centrale Inst. A. Nsevertzov de morph. Evol.*, I., 35-80, 5 fig. (en russe), 1947.

FEDOTOV (D. M.). — État d'*Eurygaster integriceps* pendant la période de dé-

pression numérique. Rec. Trav. sur E. integriceps par Expéd. Asie centrale. *Inst. A. N. Severtzov morph. Evol.*, II, 3-16, 1947.

FEDOTOV (D. M.). — Observations sur les interrelations entre *Eurygaster integriceps* et ses Phasiinae et considérations sur l'utilisation de ceux-ci dans la lutte contre cette Punaise. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exped. Asie centrale Inst. A. N. Severtzov Morph. Evol.*, II, 49-66, 18 fig., 1947.

FLECKINGER (J.). — Aspect microscopique des grains de blé punaisés. *Bull. Ecle. Franç. Meunerie*, n° 51, 198-202, 1936.

FORSTER (B.). — Die Insekten von Brunstatt abhaudlungen zur geologischen specialkarte von Elsass-Lothringen. Band III, Strassburg, 1891.

GEOFFROY (R.). — Étude des blés punaisés nord-africains et français. *Bull. Ecole franç. Meunerie*, n° 51, 205-207, 1936.

HIBRAOUI (M.). — Contribution à l'étude biologique et systématique de *Eurygaster integriceps* PUT et autres *Pentatomidae* qui attaquent les céréales *Thèse Univers., Paris*, 66 p., 14 fig. (Également *Bull. Soc., Path. Vég. Ent. Agric.*, 17, n° 3, 97-160, 14 fig.), 1930.

JOURDAN (M. L.). — *Eurygaster austriaca* parasite des blés au Maroc. *Rev. Fr. Ent.*, 2 fasc., 4, 196-204, 1936.

JOURDAN (M. L.). — Notes sur deux mouches parasites *Clytomyia* et *Gymnosoma* (*Larvaevoridae*). I. Note complémentaire sur *G. helluo* FAB. et *E. austriaca* SCHRK. — II. *G. rotundatum* L. parasite d'*Aelia triticiperda* POMEL. *Encycl. Ent. Ser. B II, Dipt.*, 8, 117-119, 1935.

JOURDAN (M. L.). — *Clytomyia helluo* F. parasite d'*Eurygaster austriaca* SCHR. (*Dipt. Tachinidae*). *Rev. Fr. Entom.*, 2, 83-85, 1935.

LEOB (J.). — Contribution à l'étude des qualités des blés de la récolte de 1935. Brochure 49 pp. Troyes, Y. L. Paton édit., 1936.

MAKHOTIN (A. A.). — Matériaux pour l'étude du développement d'*Eurygaster integriceps*. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exped. Asie centrale. Inst. morph. évol.*, II, 19-48, 14 fig., 1947.

MAKHOTIN (A. A.). — Indices de thermosensibilité dans le comportement d'*Eurygaster integriceps*. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exped. Asie Centr. Inst. A. N. Severtzov de morph. evol.*, I, 120-126, F. 2, 1947.

MAKHOTIN (A. A.). — Régime thermique des champs et comportement d'*Eurygaster integriceps*. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exp. Asie Centr. Inst. A. N. Severtzov Morph. Evol.*, I, 127-135, 2 fig. (en russe), 1947.

MANCINI (C.). — Gli *Eurygaster maurus* L. *E. meridionalis* Péneau in Italia. *Bull. Soc. Ent. Ital.*, 63, n° 1-2, 11-15, 4 fig., 1931.

MANNINGER (G. A.). — Einige neuere Beitrage betreffend die Getreidewanze. *Mezögazdasagi Kutatasok, Budapest*, 6, n° 5-6, 196-196, 1933 (en hongrois, résumé allemand).

MANNINGER (G. A.) et MANNINGER (J. R.). — Das Leben der Getreidewanze, die von ihr berursachten schaden und vorschläge über Bekampfung. *Mezog Kutat. Budapest*, 6, n° 1, 1-35, 16 fig. 1933 (en hongrois, résumé allemand).

MATWEEFF (M.). — Indications fournies par la méthode Pelshenke sur les blés punaisés. *Bull. Ecole franç. Meunerie*, n° 51, 196-197, 1936.

MENERET (G.). — Influence des piqûres des Punaises sur la qualité des blés. *Bull. Ecole Franç. Meunerie*, n° 51, 190-195, 1936.

MIEGE (E.). — Caractères et valeur des blés punaisés. *La Terre Marocaine*, n° 56, 1934.

MOKRZECKI (S.). — Sur les espèces principales du genre *Eurygaster* (Hémiptère Hétéroptère), nuisibles au blé. *Polskie nismo entomologiozne* 5, 93-104, 1926.

NIELSEN (J. C.). — Iagttagelser ober entoparasitiske Miscidelarver hos Arthropoder. *Entom. Meddelelser*. Copenhague, 2 R. IV, Heft. I., 1-126, 4 pl., 1909 (en danois, résumé en anglais).

NURET (H.). — Étude récapitulative sur les blés punaisés. *Bull. Ecole Franç. Meunerie*, nº 51, 208-217, 1936.

PANTEL (J.). — Recherches sur les Diptères à larves entomobies I. *La Cellule, Louvain* 26 (1909), fasc. 1., 27-216, 5 pl., 26 fig., 1910.

PENEAU (J.). — Le genre *Eurygaster* (Hemipt. Heter.). Étude monographique. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest.* 3e sie. I, 157-193, 16 fig., pl. 1-2, 1911.

PIEREDELSKI (A. A.). — Fondements biologiques de la théorie et de la pratique de la lutte contre *Eurygaster integriceps*. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exped. Asie centrale. Inst. A. N. Severtzov de morph. évol.*, II, 89-270, fig. 2, 1947.

PUTON (A.). — Synopsis des Hémiptères Hétéroptères de France, 4e partie, 129 p., 1881.

RUBTZOV (I. A.). — On two species of the family Phasiidae (Diptera) parasite on *Eurygaster integriceps* PUT. (Hemiptera). *Rev. Entom., U. R. S. S.*, 28 (1945), nº 3-4, 85-100, 11 fig., 1947.

SCHNEIDER (G.). — Beitrage zur Kenntnis der symbiotischen Einrichtungen der Heteropteren. *Zeit. f. Morph. ok. Tiere.*, vol. 36, s. 595, 1940.

TALHOUK (A. S.). — The effect of parathion dust on *Eurygaster integriceps* PUT. (Hem.). *Bull. Ent. Res.* vol. 42, part. 2, 375-377, 1951.

TCHERNOVA (O. A.). — Données nouvelles sur la morphologie et la fécondité des mouches parasites d'*E. integriceps*. *Rec. Trav. sur E. integriceps par Exped. Asie centr. Inst. A. N. Severtzov morph. Evol.*, II, 67-74, 6 fig., 1947.

TEPLIAKOVA (M. YA). — Développement post-embryonnaire des organes génitaux internes d'*Eurygaster integriceps* au cours du cycle annuel dans les régions méridionales européennes et asiatiques de l'U. R. S. S. *Rec. sur Trav. Eurygaster integriceps par Exped. Asie centr. Inst. A. N. Severtzov de morph. Evol.*, I, 81-119, 6 fig., 1947.

TZITOVITCH (I. K.) et SNITKO (Yon S.). — Action du D. D. T. sur les phases du développement d'Eurygaster integriceps PUT. *Dokl. akd. Nauk. SSSR.* N. S. 70, nº 1, 153-155, 1950.

UVAROV (S. P.). — Report on the activity of the entomological bureau of Stavropol for 1913. Petrograd, 86 p., 1914.

VAEZI (M.). — Rapport du laboratoire d'élevage des parasites d'*Eurygaster integriceps* Put. *Entomologie et Phytopathologie appl. Téhéran*, nº 11, 27-41, 1950 (en persan, résumé en français, 12-18).

VASSILIEV (I. V.). — *Eurygaster integriceps* PUT. and new methods of fighting it by aid of parasites. *Trav. Bur. Ent. Minist. Agric. St. Petersbourg*, IV, nº 11, 81 p., 31 fig., 1913 (3e édit.).

WEBSTER (J. F.) et DUTT (A.). Sun pest (Ersgaija) *Eurygaster integriceps* on cereals in Iran. *Agric. Leafl. Dep. Agric. Iran*, nº 13, 8 p., 3 pl. Bagdad, 1926, 1929.

VAYSSIERE (P.). — Les Punaises du blé. *Bull. Ecole Franç. Meunerie*, nº 51, 179-189, 8 fig., 1936.

VIDAL (J.). — Hémiptères de l'Afrique du Nord et des pays circum-méditerranéens. *Mem. Soc. Sc. Nat. Maroc.*, nº XLVIII, 238 p., 251 fig., 1949.

ZVOLFER (W.). — Beitrage zur Kenntnis der Schadlingsfauna Kelinasiens. II. Ueber die Beziejungen der Getreidewanze *Eurygaster integriceps* PUT. zu biotischen Umweltfaktoren. Nebst Bermerkungen über doren praktische Verwertborkeit. *Zeitschr. f. angew. Entom.* XIX, H. 2, 161-187, 8 fig., 1932.

---

# ESSAIS DE FONGICIDES ORGANIQUES DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA VIGNE EFFECTUÉS EN 1953

PAR

**D. BOUBALS et A. VERGNES**

Laboratoire de Recherches Viticoles
Centre de Recherches agronomiques du Midi.
École Nationale d'Agriculture de Montpellier

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

## INTRODUCTION

Les essais de plein champ (1, 2, 3) effectués en France, au cours de l'année 1952, ont en général confirmé l'action anticryptogamique intéressante présentée par certains produits organiques. Si ces fongicides ont permis de lutter d'une façon très convenable contre les attaques de mildiou intervenues au cours de la période de croissance de la végétation, certains se sont cependant révélés insuffisants pour la protection contre le mildiou d'arrière saison.

Ce dernier point a son importance en viticulture parce que les traitements de la vigne contre le mildiou s'arrètant en général au plus tard au

mois d'août, il est nécessaire d'avoir une persistance de l'action fongicide de l'ingrédient pulvérisé jusqu'à fin octobre, de façon à éviter l'intervention du mildiou d'arrière saison et par là à ne pas avoir une destruction prématurée du feuillage préjudiciable à la maturité du raisin dans les vignobles où la récolte est tardive et à l'accumulation des réserves dans la souche en tous lieux.

On sait que la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre a une persistance d'action fongicide remarquable : un traitement effectué dans la première quinzaine du mois d'août, lorsque la croissance des rameaux est arrêtée, suffit largement pour assurer une bonne protection de la végétation contre le mildiou d'automne.

Les essais effectués en 1953 par le Laboratoire de recherches viticoles ont mis en œuvre les mêmes produits qu'en 1952. :

Le produit S donné pour être à base de N-trichlorométhylthiotetrahydrophtalimide,

Le produit D donné pour être à base d'éthylène bis-dithiocarbamate de zinc.

Ils ont été accomplis dans le dessein :

1° de préciser les doses de ces produits, qui peuvent être intéressantes dans la lutte contre les attaques de mildiou en période de croissance de la végétation ;

2° de préciser la durée de la persistance d'action de ces fongicides et, dans le cas où celle-ci serait insuffisante, d'y remédier ;

3° de mettre en évidence si les produits ont une action sur la végétation et la physiologie de la plante.

Deux essais distincts ont été entrepris :

*Essai I* : Le plus important, pour l'étude des propriétés fongicides des produits S et D.

*Essai II* : Pour l'étude de l'action de ces produits organiques sur la végétation et la physiologie de la vigne.

## ÉVOLUTION GÉNÉRALE DU MILDIOU AU COURS DE 1953

En 1953, l'évolution du Plasmopara viticola à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier, a comporté deux périodes bien distinctes.

1) **Du mois d'avril jusqu'à la mi-septembre.** — Après un hiver sec, le printemps plutôt froid et venté n'a pas été favorable à l'apparition précoce du mildiou.

Cependant, à la fin du mois de mai, un foyer primaire a été découvert au voisinage de l'essai I. Des spores provenant de ce foyer primaire ont produit un premier repiquage au moment des pluies des 30 et 31 mai (une tache a été découverte le 7 juin). Les pluies des 5 et 6 juin et surtout

du 8 juin ont provoqué de nouveaux repiquages et une apparition de quelques rares taches qui s'est produite du 12 au 15 juin.

Les pluies peu importantes des 17, 22, 23, 29 et 30 juin n'ont pas amené une extension notable du parasite.

Au cours de la même période, dans la situation où était établi l'*Essai II* nous n'avons pas constaté une seule fois la présence du parasite.

Enfin, les mois de juillet et d'août ayant été particulièrement secs, on peut dire que le mildiou n'est pratiquement pas intervenu durant la période de croissance de la vigne et jusqu'à la mi-septembre.

2) **Au cours de la deuxième quinzaine de septembre, des mois d'octobre et de novembre** se sont produites de très importantes précipitations (voir Tableau I) qui ont amené un développement exceptionnel du mildiou d'arrière saison dans toute la région de Montpellier.

TABLEAU I

*Conditions climatiques et dates des traitements*

| Mois | Jours | Pluie | Traitements | Mois | Jours | Pluie |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mai .......... | 30 | 1,8 | | Septembre .... | 15 | 23,4 |
| | 31 | 1,3 | | | 16 | 56,0 |
| Juin ......... | 5 | 4,7 | | | 19 | 6,2 |
| | 6 | 4,4 | | | 23 | 0,2 |
| | 8 | 24,6 | | | 24 | 5,2 |
| | 17 | 12,1 | | | 25 | 8,7 |
| | 19 | | 1er traitement | | 26 | 14,8 |
| | 22 | 1,4 | | | 27 | 14,5 |
| | 23 | 8,1 | | | 28 | 36,4 |
| | 24 | | 2e traitement | Octobre ...... | 4 | 1,5 |
| | 29 | 2,0 | | | 11 | 3,5 |
| | 30 | 0,2 | | | 12 | 108,3 |
| Juillet ........ | 1 | 0,2 | | | 13 | 26,4 |
| | 8 | | 3e traitement | | 14 | 96,0 |
| | 12 | 0,9 | | | 15 | 36,7 |
| | 18 | 1,4 | | | 19 | 3,5 |
| | 30 | 5,2 | | | 24 | 0,2 |
| Août ......... | 3 | | 4e traitement | | 25 | 26,0 |
| | 8 | 10,2 | | | 26 | 5,5 |
| | 9 | 8,2 | | | 27 | 0,4 |
| | 16 | 1,5 | | | 28 | 42,5 |
| | 18 | 3,4 | | | 31 | 12,3 |
| | 26 | 0,1 | | Novembre .... | 1 | 2,7 |
| Septembre .... | 9 | 0,8 | | | 2 | 0,3 |

En conclusion on peut dire qu'en 1953 le mildiou qui était passé presque inaperçu pendant la période de croissance, est par contre intervenu d'une manière particulièrement virulente à l'automne.

## ESSAI I

Il a été réalisé dans le but de préciser les doses minima de produit S et D susceptibles d'assurer une protection au moins équivalente à celle de la bouillie bordelaise à 2 p. 100.

Il a également été établi afin de connaître la durée de persistance de l'action des fongicides organiques par rapport à celle de la bouillie bordelaise et, dans le cas où cette persistance serait insuffisante, d'y remédier.

## I. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Cet essai a été effectué sur une vigne d'Aramon greffé sur Rupestris du Lot, âgée de 14 ans.

L'essai comportait trois blocs ; chaque bloc étant constitué par 9 parcelles (chacune de 9 × 8 = 72 souches) auxquelles il avait été affecté par tirage au hasard l'un des 9 traitements suivants :

**Bouillie bordelaise** :

B = Bouillie bordelaise à 2 p. cent de $SO^4Cu$ pour 100 litres d'eau.

**Produit S** :

S 1 = 0,250 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,125 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.
S 2 = 0,500 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,250 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.
S 3 = 0,750 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,375 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.
S 4 = 1,000 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,500 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.

**Produit D** :

D 1 = 0,300 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,195 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.
D 2 = 0,600 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,390 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.
D 3 = 0,900 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,585 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.
D 4 = 1,200 kg de produit commercial pour 100 litres d'eau, soit 0,780 kg de produit actif pour 100 litres d'eau.

Les traitements ont été faits avec des pulvérisateurs à dos d'homme, en utilisant la même quantité de liquide pour chaque parcelle.

Ils ont été effectués aux dates ci-dessous et ont mis en œuvre les quantités suivantes de liquide rapportées à l'hectare de vigne :

— le 19 juin, 1 050 litres.
— le 24 juin, 1 150 litres.
— le 8 juillet, 1 150 litres.

Pendant la période de croissance le mildiou est intervenu dans cet essai seulement dans un bloc, mais pas d'une façon suffisante pour qu'un contrôle de la protection apportée par les produits pulvérisés puisse être effectué.

Au mois de juillet cet essai ne présentait donc plus qu'un intérêt pour l'étude de la durée de la persistance de l'action fongicide des produits organiques, dans le cas évidemment où le mildiou d'arrière saison interviendrait.

A ce moment-là nous avons alors modifié notre essai de la façon suivante : chaque parcelle de $9 \times 8 = 72$ souches a été subdivisée en 3 sous-parcelles de $3 \times 8 = 24$ souches, et à chacune de ces sous-parcelles a été affecté au hasard l'un des traitements suivants effectués le 3 août.

— une sous-parcelle a été traitée avec le produit et à la dose qui avait été employée pour les trois traitements précédents (ex. parcelle D 2 = une sous-parcelle a été traitée le 3 août avec le produit D à la dose 2, c'est-à-dire 600 grammes).

— une sous-parcelle a été traitée le 3 août avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre.

— enfin une sous-parcelle n'a pas subi de traitement.

Pour ces pulvérisations, on a utilisé 1 050 litres/hectare.

La parcelle de bouillie bordelaise a été subdivisée de la même façon :

— une sous-parcelle n'a pas été traitée le 3 août.

— une sous-parcelle a été traitée le 3 août avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre.

— une sous-parcelle a été traitée le 3 août avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre.

Il y a donc dans ce dernier cas deux sous-parcelles qui ont été traitées de la même façon.

Autrement dit, nous avons pensé corriger dans l'essai, au cas où il existerait, le manque de persistance de l'action fongicide des produits organiques par un traitement d'août au sulfate de cuivre dont on est sûr de la persistance.

Au cours des mois de septembre et octobre, de très fortes attaques de mildiou sont intervenues, qui ont eu vite raison du feuillage des souches dont la protection était insuffisante.

Nous avons alors effectué plusieurs contrôles de l'action fongicide des traitements.

Les 8, 20 octobre et 4 novembre, nous avons pratiqué une simple notation à l'œil des atteintes du mildiou sur les souches de toutes les sous-parcelles.

Les 26, 27, 28 novembre, nous avons effectué la pesée du feuillage qui demeurait sur les souches de la rangée du milieu de chaque sous-parcelle.

## II. RÉSULTATS

### A. Notation des attaques de mildiou d'automne sur le feuillage.

LE 8 OCTOBRE on pouvait constater les faits suivants.

**Parcelles de bouillie bordelaise** : Dans les sous-parcelles non traitées au mois d'août et dans les sous-parcelles qui avaient reçu un traitement le 3 août, il n'y avait pas de mildiou sur les feuilles.

On pouvait tout au plus constater la sortie de quelques conidiophones sur de rares feuilles qui traînaient sur le sol.

La protection était pratiquement totale. La notation des autres produits a été effectuée par rapport à ces sous-parcelles que nous avons qualifiées de « *témoins* ».

**Parcelles de produit S** :

— *Sous-parcelles non traitées le 3 août.*

Le feuillage des souches présentait beaucoup de mildiou « mosaïque » ; la protection était nettement insuffisante et ceci d'une égale façon pour toutes les doses.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec le produit S.*

Le feuillage des souches présentait beaucoup de mildiou « mosaïque » ; la protection était nettement insuffisante et ceci d'une égale façon pour toutes les doses.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec la bouillie bordelaise.*

Le feuillage était suffisamment protégé. Il n'y avait pas plus de mildiou que sur les sous-parcelles « témoins ».

**Parcelles de produit D** :

— *Sous-parcelles non traitées le 3 août.*

Pour les doses,3 p. 100 et 0,6 p. 100 la protection était insuffisante.

Pour les doses 0,9 p. 100 et 1,2 p. 100 la protection était suffisante.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec le produit D.*

Pour la dose 0,3 p. 100 la protection était moindre que celle apportée par la bouillie bordelaise « témoin ».

Pour les doses 0,6 p. 100, 0,9 p. 100 et 1,2 p. 100 la protection était suffisante.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août à la bouillie bordelaise.*

Pour toutes les doses la protection était aussi bonne que dans les sous-parcelles « témoins ».

### Notation du 20 octobre

**Parcelles de bouillie bordelaise** : Toutes les sous-parcelles traitées ou non le 3 août ne présentaient que des traces de mildiou sur la végétation traînant sur le sol.

**Parcelles de produit S** :

— *Sous-parcelles non traitées le 3 août.*

Il ne restait pratiquement plus de feuillage sur les souches. On ne constatait aucune influence de la dose de produit.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec le produit S.*

Il ne restait presque plus de feuillage sur les souches. On ne constatait aucune influence de la dose de produit.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100*.

Le feuillage était encore entièrement présent sur les souches, mais il présentait cependant plus de mildiou « mosaïque » que celui des souches des sous-parcelles « témoins », c'est-à-dire uniquement traitées à la bouillie bordelaise.

**Parcelles de produit D** :

— *Sous-parcelles non traitées le 3 août.*

Par rapport à la bouillie bordelaise « témoin », la protection était insuffisante à toutes les doses ; le feuillage était en grande partie desséché surtout dans les parcelles traitées aux deux plus faibles doses.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec le produit D.*

La protection était insuffisante sauf pour la dose 1,2 p. 100 qui assurait une protection pratiquement égale à celle de la bouillie bordelaise.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec la bouillie bordelaise.*

La protection était aussi bonne que dans les sous-parcelles « témoins ».

NOTATION DU 4 NOVEMBRE

**Bouillie bordelaise** : Il n'y avait que quelques traces de mildiou sur la végétation traînant sur le sol.

**Produit S** :

— *Sous-parcelles non-traitées le 3 août.*

Il ne restait plus de feuillage.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec le produit S.*

Il ne restait plus de feuillage.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août à la bouillie bordelaise.*

Les souches avaient encore la plus grande partie de leur feuillage. Cependant celui-ci présentait un peu plus de mildiou « mosaïque » que le feuillage des sous-parcelles témoins.

**Produit D** :

— *Sous-parcelles non traitées le 3 août.*

Le feuillage était presque entièrement tombé dans les sous-parcelles traitées à 0,3 p. 100 et 0,6 p. 100.

Il était desséché en partie dans les sous-parcelles traitées à 0,9 p. 100 et 1,2 p. 100.

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec le produit D.*

Le feuillage était en grande partie tombé ou bien desséché. Seules les sous-parcelles traitées à la dose 1,2 p. 100 étaient aussi bien protégées que la bouillie bordelaise « témoin ».

— *Sous-parcelles traitées le 3 août avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100.*

Pour toutes ces sous-parcelles la protection contre le mildiou était égale à celle assurée dans les sous-parcelles « témoins ».

### B. Pesées de feuillage.

Pour représenter commodément les résultats, nous avons effectué les 26, 27, 28 octobre, avant que toute gelée ne soit survenue, la pesée du feuillage qui demeurait sur les souches de la rangée centrale de chaque parcelle.

TABLEAU II

*Poids de feuillage par souche (en grammes)*

| Parcelles | Sous parcelles | Bloc I | Bloc II | Bloc III | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|
| B | B B | 941 | 921 | 906 | 922,6 |
| | B | 830 | 1 060 | 870 | 920,0 |
| | S t | 666 | 1 116 | 716 | 832,6 |
| D1 | B B | 716 | 945 | 983 | 881,3 |
| | D1 | 391 | 410 | 420 | 407,0 |
| | S t | 475 | 365 | 333 | 391,0 |
| D2 | B B | 550 | 1 225 | 981 | 918,6 |
| | D2 | 687 | 712 | 400 | 599,6 |
| | S t | 320 | 587 | 110 | 339,0 |
| D3 | B B | 500 | 850 | 850 | 733,3 |
| | D3 | 408 | 816 | 690 | 638,0 |
| | S t | 391 | 675 | 500 | 522,0 |
| D4 | B B | 550 | 1 040 | 808 | 799,3 |
| | D4 | 550 | 725 | 930 | 735,0 |
| | S t | 450 | 775 | 441 | 555,3 |
| S1 | B B | 620 | 995 | 570 | 728,3 |
| | S1 | 166 | 108 | 100 | 124,6 |
| | S t | 150 | 125 | 70 | 115,0 |
| S2 | B B | 900 | 787 | 780 | 822,3 |
| | S2 | 181 | 175 | 50 | 135,3 |
| | S t | 150 | 130 | 30 | 103,3 |
| S3 | B B | 530 | 740 | 870 | 713,3 |
| | S3 | 141 | 308 | 60 | 169,6 |
| | S t | 116 | 130 | 80 | 108,6 |
| S4 | B B | 440 | 1 005 | 965 | 803,3 |
| | S4 | 170 | 190 | 180 | 180,0 |
| | S t | 166 | 305 | 91 | 187,3 |

Les résultats sont consignés dans le tableau II ; chaque sous-parcelle est affectée du poids moyen de feuillage par souche exprimé en grammes.

L'interprétation statistique de ces résultats a été effectuée de la façon suivante :

Nous avons considéré que nous avions affaire à trois expériences, chacune comportant 3 blocs de 9 sous-parcelles.

La première expérience est composée par les sous-parcelles non traitées le 3 août. Chaque bloc comprend donc les sous-parcelles suivantes :

Sous-parcelle de bouillie bordelaise non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit S à la dose de 0,25 p. cent (S 1) non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit S à la dose de 0,50 p. cent (S 2) non traitée de 3 août.
Sous-parcelle de produit S à la dose de 0,75 p. cent (S 3) non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit S à la dose de 1,00 p. cent (S 4) non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit D à la dose de 0,30 p. cent (D 1) non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit D à la dose de 0,60 p. cent (D 2) non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit D à la dose de 0,90 p. cent (D 3) non traitée le 3 août.
Sous-parcelle de produit D à la dose de 1,20 p. cent (D 4) non traitée le 3 août.

La deuxième expérience comprend les sous-parcelles traitées le 3 août avec le même produit que pendant la période de croissance. Dans chaque bloc de l'essai, on considère donc les sous-parcelles suivantes :

Sous-parcelle de bouillie bordelaise traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.
Sous-parcelle de produit S à la dose 0,25 p. cent (S 1) traitée le 3 août avec S 1.
Sous-parcelle de produit S à la dose 0,50 p. cent (S 2) traitée le 3 août avec S 2.
Sous-parcelle de produif S à la dose 0,75 p. cent (S 3) traitée le 3 août avec S 3.
Sous-parcelle de produit S à la dose 1,00 p. cent (S 4) traitée le 3 août avec S 4.
Sous-parcelle de produit D à la dose 0,30 p. cent (D 1) traitée le 3 août avec D 1.
Sous-parcelle de produit D à la dose 0,60 p. cent (D 2) traitée le 3 août avec D 2.
Sous-parcelle de produit D à la dose 0,90 p. cent (D 3) traitée le 3 août avec D 3.
Sous-parcelle de produit D à la dose 1,20 p. cent (D 4) traitée le 3 août avec D 4.

Enfin la troisième expérience est composée par les sous-parcelles traitées le 3 août avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100. Dans chaque bloc de l'essai on considère donc les sous-parcelles suivantes :

Sous-parcelle de bouillie bordelaise traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produits S à la dose de 0,25 p. cent (S 1) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit S à la dose de 0,50 p. cent (S 2) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit S à la dose de 0,75 p. cent (S 3) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit S à la dose de 1.00 p. cent (S 4) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit D à la dose de 0,30 p. cent (D 1) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit D à la dose de 0,60 p. cent (D 2) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit D à la dose de 0,90 p. cent (D 3) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

Sous-parcelle de produit D à la dose de 1,20 p. cent (D 4) traitée le 3 août à la bouillie bordelaise à 2 p. cent.

1) **Analyse statistique des résultats des pesées de feuillage de la première expérience** : « **Pas de traitement le 3 août** ». — Les résultats utilisés pour l'interprétation peuvent facilement être retrouvés dans le tableau général (II) donné plus haut.

L'analyse de la variance est donnée dans le tableau III.

TABLEAU III

*Analyse de la variance de la première expérience*

| Origine de la variation | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance |
|---|---|---|---|
| Entre blocs | 199.656,1 | 2 | 99.828,05 |
| Entre traitements | 1.521.853,4 | 8 | 190.231,67 |
| Erreur | 197.415,3 | 16 | 12.338,45 |

La comparaison des variances montre qu'il y a des différences significatives entre les blocs et également entre les traitements.

Les différences entre moyennes de traitements sont significatives quand elles dépassent 192,2 au seuil 0,05.

La comparaison des moyennes des traitements (données dans le tableau II) montre que le poids du feuillage de la sous-parcelle traitée à la bouillie bordelaise est significativement supérieur aux poids de feuillage des sous-parcelles traitées avec les produits organiques S et D à n'importe quelle dose.

2) **Analyse statistique des résultats des pesées de feuillage de la deuxième expérience** : « **Traitement le 2 août avec le même produit et la même dose qu'à l'origine** ». — L'analyse de la variance est donnée dans le tableau IV.

TABLEAU IV

*Analyse de la variance de la deuxième expérience*

| Origine de la variation | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance |
|---|---|---|---|
| Entre blocs .......... | 60.658,9 | 2 | 30.329,45 |
| Entre traitements ..... | 2.147.589,6 | 8 | 268.448,70 |
| Erreur .............. | 235.445,8 | 16 | 14.715,36 |

La comparaison des variances montre qu'il y a des différences significatives entre les traitements, mais pas entre les blocs.

Les différences entre moyennes de traitements sont significatives quand elles dépassent 209,9 au seuil 0,05.

La comparaison des moyennes des traitements (données dans le tableau II) montre que le poids du feuillage de la sous-parcelle traitée à la bouillie bordelaise est significativement supérieur aux poids de feuilles des sous-parcelles suivantes : D 1, D 2, D 3, S 1, S 2, S 3, S 4, ayant subi le 3 août un traitement avec le même produit qu'à l'origine.

Par contre le poids du feuillage de la sous-parcelle de bouillie bordelaise n'est pas significativement différent de celui de la sous-parcelle traitée le 3 août à la dose D 4 (1,2 p. 100 de produit D.

3) **Analyse statistique des résultats des pesées de feuillage de la troisième expérience** : « **Traitement le 3 août avec la bouillie bordelaise à** 2 **p.** 100. — L'analyse de la variance est donnée dans le tableau V.

TABLEAU V

*Analyse de la variance de la troisième expérience*

| Origine de la variation | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance |
|---|---|---|---|
| Entre blocs ........... | 448.900,0 | 2 | 224.450,00 |
| Entre traitements ...... | 155.022,3 | 8 | 19.377,78 |
| Erreur ............... | 403.584,0 | 16 | 25.224,00 |

La comparaison des variances montre qu'il y a des différences significatives entre blocs, mais qu'il n'y en a pas entre traitements.

Le poids des feuilles de la parcelle de bouillie bordelaise n'est donc pas différent du poids des feuilles de toutes les autres sous-parcelles, c'est-à-dire celles qui avaient été traitées trois fois avec un produit organique au cours de la période de croissance et qui avaient également subi le 3 août une pulvérisation à la bouillie bordelaise.

4) **Analyse statistique générale des résultats de l'Essai I.** — Les trois variances résiduelles des analyses précédentes étant d'ordre de grandeur comparable, on peut estimer la variance d'un résultat à partir des trois sommes des carrés précédentes imputables à l'erreur (voir tableau VI).

TABLEAU VI

*Analyse statistique générale de l'essai I*

| Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance d'un résultat |
|---|---|---|
| 836.445,1 | 48 | 17.425,93 |

Les différences entre moyennes de traitements sont significatives quand elles dépassent 215,5 au seuil 0,05.

La comparaison des résultats de pesées de feuilles donnés dans le tableau II permet de faire les constatations suivantes :

— Il n'y a pas de différences significatives entre les trois sous-parcelles de bouillie bordelaise. Le traitement d'août a donc été inutile dans ce cas. Cela est dû au fait que le dernier traitement (8 juillet) est intervenu alors que la croissance des rameaux étaient pratiquement arrêtée (date d'arrêt de la croissance : 10 juillet) c'est-à-dire alors que toute la végétation était déjà recouverte de bouillie bordelaise.

Dans les conditions de l'essai, l'action fongicide du cuivre employé sous forme de bouillie bordelaise, a donc été conservée au moins pendant 4 mois (juillet, août, septembre et octobre).

— Les sous-parcelles traitées avec le produit D à 1,2 p. 100 et ayant reçu un traitement d'août à cette dose de produit, ont un poids de feuillage qui n'est pas significativement différent de celui des sous-parcelles de bouillie bordelaise.

— On constate également que les sous-parcelles de bouillie bordelaise non traitées au mois d'août ont un poids de feuillage significativement supérieur à celui des sous-parcelles D 1 (0,30 p. 100) et D 2 (0,60 p. 100) traitées à nouveau le 3 août avec ces doses de produit D.

— On constate enfin qu'il n'y a pas de différences significatives entre les poids de feuilles des sous-parcelles de produits organiques traitées le 3 août à la bouillie bordelaise et le poids de feuillage des sous-parcelles de bouillie bordelaise traitées et non traitées au mois d'août

## III. CONCLUSION GÉNÉRALE DE L'ESSAI I

Cet essai a donc seulement permis d'effectuer des observations sur la persistance de l'action fongicide des produits. On peut considérer que pour un fongicide donné celle-ci dépend surtout :

— de la stabilité du produit actif en plein air.

— de l'adhérence de la suspension ou de la bouillie au feuillage.

Le produit S a une action fongicide très peu persistante. Dans l'essai, nous avons vu que la dose de produit n'intervenait pas dans la durée de la persistance ; les sous-parcelles traitées à des doses élevées avaient perdu leur feuillage en même temps que les sous-parcelles traités avec des doses faibles. Il se pourrait donc que cette perte de protection soit consécutive à la transformation du produit à l'air libre en composés non actifs sur le mildiou.

La persistance d'action fongicide du produit D est également insuffisante, mais pour cet ingrédient, elle est proportionnelle à la dose de produit appliqué. Il se pourrait donc que, dans ce cas, ce défaut de persistance soit dû à une adhérence insuffisante à la feuille, autrement dit à un entraînement plus rapide par l'eau de pluie.

Dans la mesure où, au cours de la période de croissance de la vigne, les traitements contre le mildiou pourraient être effectués avec les produits organiques S et D à des doses qui ne sont pas encore bien déterminées, le dernier traitement *au moins* (en général pratiqué dans la première quinzaine du mois d'août) devra toujours être effectué avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100. Il sera réalisé avec soin de façon à ce que tout le feuillage des souches soit recouvert de produit cuprique. Dans une vigne de puissance moyenne du Midi de la France, il devra mettre en œuvre environ un millier de litres de bouillie bordelaise à 2 p. 100 par hectare.

## ESSAI II

Dans cet essai nous avons voulu voir si les trois produits S, D et bouillie bordelaise avaient une influence différente sur la végétation et la physiologie de la vigne.

Pour certaines plantes (tomate, pomme de terre) on aurait mis en évidence un action défavorable de la bouillie bordelaise sur leur végétation, action qui se traduirait par une diminution de rendement.

Il est un fait certain, c'est que dans nos expériences de 1952 et 1953, on remarquait facilement que le traitement à la bouillie bordelaise amenait la formation sur les feuilles d'un écran de couleur claire bien plus considérable et plus persistant que celui formé par les produits organiques.

## I. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été réalisé dans une jeune vigne de Carignan greffé sur 99 R et âgée de 12 ans, vigne qui présentait particulièrement les conditions d'homogénéité nécessaires pour un tel essai. Il comportait 4 blocs, chaque bloc étant constitué par 4 parcelles de chacune $5 \times 4 = 20$ souches.

Sur ces parcelles on a effectué l'un des traitements suivants :

Parcelle B = traitement avec la bouillie bordelaise à 2 p. 100.

Parcelle D = traitement avec le produit D à la dose de 0,3 p. 1000.

Parcelle S = traitement avec le produit S à la dose de 0,5 p. 100.

Parcelle T = pas de traitement.

Les pulvérisations ont été effectuées avec des appareils à dos d'homme et de façon que chaque parcelle reçoive la même quantité de liquide. Les dates de traitement furent les suivantes : 16 juin, 25 juin, 1er juillet, 7 juillet et 17 juillet. La quantité de liquide pulvérisée, rapportée à l'hectare, a été de 1 600 litres environ pour chaque traitement.

L'exécution de ces traitements n'a pas été dictée par l'évolution du mildiou, celui-ci n'étant pas intervenu dans le champ d'essai tout au moins jusqu'à la mi-septembre.

Le nombre relativement élevé des traitements mettant en œuvre une grande quantité de liquide, joint à l'absence quasi totale de pluies, ont fait que le feuillage des souches et les grappes ont été recouverts jusqu'à la récolte d'une quantité appréciable de produit, notamment en ce qui concerne les souches des parcelles traitées à la bouillie bordelaise.

Nous n'avons pas constaté, au cours de la période de végétation de la vigne, une action phytotoxique ou dépressive dûe à l'un quelconque des produits. Nous n'avons pas observé de brûlures provoquées par le produit S comme cela s'était produit en 1952 (1).

Lors de la récolte (14 septembre) on a procédé à la pesée des grappes de chaque souche et à la prise de l'indice réfractométrique de leur jus. Après la vendange, à la suite des importantes précipitations de l'automne, le mildiou est intervenu et a rapidement détruit le feuillage des parcelles non traitées et des parcelles traitées avec le produit S ; le 20 octobre il ne restait plus une feuille sur les souches de ces parcelles. Les souches des parcelles traitées avec le produit D avaient un feuillage qui portait quelques traces de mildiou (2).

(1) Des essais de traitement avec le produit S à des doses allant jusqu'à 3 p. cent n'ont provoqué cette année que des brûlures insignifiantes.

(2) Dans cet essai, le produit D à la dose de 0,3 p. cent sans traitement d'août, a assuré une protection contre le mildiou d'automne, pratiquement égale à celle donnée par la bouillie bordelaise. Cela pourra paraître en contradiction avec l'*Essai I* où la dose de 0,3 p. cent même avec traitement d'août, s'est montrée très inférieure à la bouillie bordelaise. En réalité, dans l'*Essai I* il n'y a eu que 4 traitements alors que dans l'*Essai II* il y en a eu 5. De plus, la quantité de liquide appliquée par unité de surface était ici plus importante (1 600 litres par hectare au lieu de 1 050 et 1 150 dans le 1er cas). Enfin dans l'*Essai II*, les souches avaient un feuillage moins important que dans l'*Essai I*.

Au total il y a donc eu nettement plus de produit D sur le feuillage des souches de l'*Essai II* que sur celles de l'*Essai I*. C'est pour cette raison que la protection assurée à l'automne par D à 0,3 p. cent a été supérieure.

Les souches des parcelles traitées à la bouillie bordelaise étaient indemnes de mildiou.

A la fin du mois d'octobre et au début de novembre, seules les parcelles de produit D et de bouillie bordelaise avaient encore tout leur feuillage, mais l'aspect de celui-ci était bien différent selon le produit. Les souches traitées avec D avaient leur feuillage qui prenait la coloration automnale jaune. Au contraire, les souches traitées avec la bouillie bordelaise avaient leurs feuilles vertes et celles-ci présentaient même des symptômes de « rougeau » sur le pourtour du limbe et entre les nervures. Ce dernier phénomène ne se produisait pas sur les feuilles d'une souche de variété Aramon en impureté variétale dans une parcelle de bouillie bordelaise.

Ce retard à la coloration automnale constaté sur les parcelles traitées. à la bouillie bordelaise a déjà été signalé sur pomme de terre, et également sur vigne (4). Dans ce dernier cas on a observé en Suisse, où la vendange est effectuée très tard (fin septembre à fin octobre) que les souches traitées à la bouillie bordelaise et dont le feuillage était encore vert, avaient des raisins à teneur en sucre supérieure à celle des fruits des souches traitées avec du cuivre rouge etd ont le feuillage jaunissait plus tôt. Nous rapportons plus loin leso bservations que nous avons faites à ce sujet dans notre essai.

## II. RÉSULTATS

1. **Interprétation statistique des résultats de pesées de récolte.** — Les résultats de pesées de récolte sont donnés dans le tableau VII.

Pour chaque parcelle nous avons calculé le poids moyen de récolte par souche, exprimé en kilogrammes.

TABLEAU VII

*Pesées de récolte (en kg par souche)*

| | Bloc I | Bloc II | Bloc III | Bloc IV | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|
| Sans traitement (T) | 3,455 | 3,302 | 3,541 | 3,640 | 3,484 |
| S | 4,417 | 3,102 | 2,740 | 4,097 | 3,589 |
| D | 2,803 | 2,844 | 3,167 | 3,725 | 3,134 |
| BB | 3,376 | 3,029 | 3,180 | 3,432 | 3,254 |

La comparaison des variances montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les blocs et entre les traitements.

2. **Interprétation statistique des résultats concernant la teneur en sucre de la vendange.** — Pour chaque parcelle nous avons calculé le produit moyen par souche suivant :

*Poids de la vendange en kilogrammes x indice réfractométrique.*
Les résultats sont donnés dans le tableau VIII.

TABLEAU VIII

*Calcul du produit moyen par souche*

| | Bloc I | Bloc II | Bloc III | Bloc IV | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|
| Sans traitement (T) | 72,701 | 67,958 | 73,406 | 78,167 | 73,058 |
| S | 87,206 | 65,187 | 58,855 | 82,518 | 73,441 |
| D | 58,761 | 60,053 | 65,578 | 77,437 | 65,457 |
| BB | 67,652 | 62,623 | 66,148 | 69,185 | 66,402 |

La comparaison des variances montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les blocs et entre les traitements.

3. **Interprétation statistique des résultats de pesée des bois de taille.** — Les résultats de pesées des bois de taillie exprimés en poids moyen par souche en grammes, sont donnés dans le tableau IX.

TABLEAU IX

*Pesées des bois de taille (en grammes par souche)*

| | Bloc I | Bloc II | Bloc III | Bloc IV | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|
| Sans traitement (T) | 409 | 364 | 418 | 407 | 399,5 |
| S | 412 | 381 | 365 | 467 | 406,2 |
| D | 437 | 397 | 435 | 393 | 415,5 |
| BB | 471 | 398 | 422 | 501 | 448 |

La comparaison des variances montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les blocs et entre les traitements, malgré l'intervention d'une cause d'hétérogénéité, en l'occurence la chute prématurée du feuillage sur les parcelles non traitées et sur celles traitées avec le produit S.

## III. CONCLUSION GÉNÉRALE DE L'ESSAI II

Dans les conditions de l'expérience, les produits S, D et bouillie bordelaise n'ont eu sur la végétation et la physiologie de la vigne aucune action significative en dehors du retard du jaunissement automnal des feuilles causé par la bouillie bordelaise. Malgré le dépôt considérable que

portaient les feuilles des souches traitées au sulfate de cuivre, celles-ci n'ont pas donné un rendement quantitatif et qualitatif différent de celui des souches des parcelles qui n'avaient jamais reçu de traitement.

De plus, il n'a pas été mis en évidence une action favorable quelconque des produits organiques S et D.

## Résumé

Un nouvel essai de lutte contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) avec des produits organiques a été effectué en 1953 au Laboratoire de Recherches viticoles de Montpellier. L'intervention de mildiou d'automne a montré que le produit organique S, à base de N-trichlorométhylthiotetrahydrophtalimide et le produit D, à base d'éthylène bis-dithiocarbamate de zinc ont une persistance d'action fongicide bien plus faible que la bouillie bordelaise à 2 p. 100 de sulfate de cuivre. Pour remédier à ce défaut on peut, au mois d'août, au cours du dernier traitement, employer du sulfate de cuivre au lieu des produits organiques.

En dehors de toute attaque de mildiou jusqu'à la récolte, un autre essai n'a pas révélé d'action favorable ou défavorable des produits S et D sur la végétation et la physiologie de la vigne.

*Reçu pour publication le 20 mars 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

(1) Boubals (D.) et Vergnes (A.). — Essais de fongicides organiques dans la lutte contre le mildiou de la vigne. *Annales des Epiphyties*, 2, 209, 1953.
(2) Agulhon (R.) et Amphoux (M.). — Essais de produits de lutte contre le mildiou en 1952. *Progrès agricole et viticole*, 14-15, 206, 16-17, 233, 1953.
(3) Gaudineau (M.) et Messiaen (C. M.). — Mildiou de la vigne et nouveaux produits de lutte. *Annales des Epiphyties*, 2, 185, 1953.
(4) Staehelin (M.). — Influence des traitements sur la physiologie de la plante. *Stations fédérales d'essais viticoles, arboricoles et de chimie agricole*, Montagibert, Lausanne (publication nº 376, octobre 1949).

# CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA TOXICOLOGIE DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES (PESTICIDES).

PAR

R. FABRE (*), R. TRUHAUT (**) et G. VIEL (***)

## PLAN DU MÉMOIRE



(*) Professeur de toxicologie. Doyen de la Faculté de Pharmacie de Paris.
(**) Professeur à la Faculté de Pharmacie de l'Université de Paris.
(***) Maître de Recherches à l'Institut National de la Recherche Agronomique.

---

## I. — INTRODUCTION

L'idée de lutter contre les ennemis des plantes cultivées au moyen de substances toxiques est très ancienne. Cependant, on peut considérer que c'est en 1865 que l'utilisation agricole de poisons commença à prendre une réelle importance. A cette époque, les agriculteurs de l'Ouest des Etats-Unis, dont les cultures de pommes de terre étaient détruites par le Doryphore, trouvèrent un moyen de protection efficace dans l'épandage d'un composé arsenical : l'acéto-arsénite de cuivre.

A partir de cette date, le champ d'application des substances toxiques dans la protection des cultures est allé en s'élargissant. Depuis une quinzaine d'années, avec le développement de la synthèse organique, le nombre des produits utilisés s'est brusquement accru et, à l'heure actuelle, quelques centaines de substances entrent dans la composition des spécialités pesticides fabriquées industriellement. De nos jours où se pose la question de l'augmentation de la production agricole pour subvenir aux besoins alimentaires d'une population sans cesse croissante, il est certain que les progrès spectaculaires réalisés ces dernières années par les sciences chimiques ont eu des conséquences utiles dans le domaine agricole.

Mais, dans ce domaine comme dans d'autres, la multiplication de l'emploi des agents chimiques comporte des risques de nocivité indéniables. Ces risques sont même particulièrement accusés en phytopharmacie, puisque les produits employés doivent normalement agir sur les ennemis des cultures par un processus très général de toxicité.

L'idéal serait évidemment de posséder des substances dont la toxicité intéresserait seulement l'agent pathogène que l'on cherche à détruire. La découverte de produits à action sélective plus ou moins limitée reste un thème de recherches, mais pratiquement la plupart des produits utilisés ont un champ d'action assez étendu.

Ainsi se trouvent posés aux hygiénistes chargés de protéger la santé publique, des problèmes qui les conduisent à réglementer de façon très rigoureuse les conditions d'emploi de ces produits. De telles limitations d'emploi gênent parfois, soit les fabricants, soit les utilisateurs, qui, en toute bonne foi, en arrivent à considérer comme exagérément prudente l'attitude des toxicologues. Les différentes raisons qui dictent cette dernière sont parfois mal comprises et le plus souvent mal connues. C'est pourquoi il nous a semblé utile d'exposer dans un article d'ensemble les principales données concernant les dangers des poisons à usage agricole.

Dans une première partie, après avoir défini la toxicité dans son sens large, nous présenterons quelques remarques relatives aux voies principales de pénétration des poisons phytopharmaceutiques, à la détermination de leurs doses

toxiques, et enfin à l'importance des effets nocifs résultant de l'absorption prolongée de petites doses.

Dans une deuxième partie, nous examinerons l'influence de différents facteurs sur la toxicité des pesticides.

Une troisième partie sera ensuite consacrée à l'examen des principales circonstances dans lesquelles les pesticides peuvent exercer des effets nocifs sur l'homme ou les animaux domestiques ; nous y examinerons en outre certaines conséquences néfastes de leurs emplois qui, débordant peut-être un peu le cadre de la toxicologie traditionnelle, sont cependant à considérer par des spécialistes des problèmes de toxicologie agricole.

Dans une dernière partie, nous essaierons enfin d'établir sur des bases rationnelles une doctrine générale des limitations d'emploi des pesticides.

## II. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA TOXICITÉ APPLICABLES AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Sans entrer dans des détails qui nous conduiraient à faire un véritable cours de toxicologie, nous définirons comme toxique *toute substance qui, après pénétration dans l'organisme à une dose relativement élevée, en une ou plusieurs fois très rapprochées ou par petites doses longtemps répétées, provoque, de façon passagère ou durable, des troubles d'une ou plusieurs fonctions, troubles pouvant aller jusqu'à l'annihilation complète et amener la mort.*

Cette définition appelle un certain nombre de commentaires.

### 1. — Voies de pénétration

Tout d'abord, il faut souligner que, quand on parle de doses toxiques, il est indispensable de spécifier la voie d'absorption du poison. La valeur de ces doses varie en effet largement suivant le mode d'introduction dans la circulation générale. Dans le cas des intoxications par produits phytopharmaceutiques, il y a lieu d'examiner les voies d'absorption digestive, pulmonaire et cutanée.

*a*) **Voie digestive.** — Il est nécessaire de noter que le processus d'absorption par voie digestive peut être plus ou moins rapide et que, dans certains cas, différentes actions peuvent intervenir pour diminuer la toxicité d'une substance; il en est ainsi de l'adsorption du poison sur les aliments, de la formation de composés insolubles, de l'apparition de vomissements occasionnés par l'irritation de la muqueuse gastrique...

Il faut encore mentionner l'intervention du foie qui peut transformer une partie des substances avant leur introduction dans la circulation générale et, le plus souvent, diminuer ainsi leur toxicité par rapport à celle résultant de modes d'introduction plus directs.

*b*) **Voie pulmonaire.** — L'introduction par voie pulmonaire est à considérer, non seulement dans le cas des produits fumigants, gaz ou vapeurs, mais aussi au cours de la manipulation de substances solides ou liquides possédant une tension de vapeur appréciable. Les dangers d'inhalation sont d'autant plus grands que la température est plus élevée. Les risques sont donc plus importants pendant les saisons chaudes et au milieu de la journée, remarque qui,

dans le cas des produits toxiques à forte tension de vapeur, peut conduire l'hygiéniste à déconseiller les traitements à certaines heures de la journée. La tension de vapeur d'insecticides de nature chimique assez voisine peut différer notablement. Il en est ainsi pour le parathion et le déméton (Systox), insecticides de la série des esters phosphoriques, dont les teneurs dans les atmosphères saturées sont indiquées dans le tableau I (20).

TABLEAU I

*Teneur en Déméton et Parathion des atmosphères saturées*

| Températures | Déméton (en mg/m³) | Parathion [1] (en mg/m³) |
|---|---|---|
| 20° | 14 | 0,09 |
| 30° | 27 | 0,35 |
| 40° | 40 | 1,05 |

L'inhalation de substances toxiques peut encore se produire sous la forme de particules solides ou liquides finement dispersées, constituant des aérosols ou des microbrouillards, formes d'applications qui tendent à se répandre.

Ces particules sont suffisamment fines pour pénétrer par les ramifications les plus fines de l'arbre respiratoire jusqu'aux alvéoles pulmonaires ; à ce niveau, existe un très important réseau de capillaires noyés dans les mailles de la mince charpente élastique sur laquelle s'étale l'épithélium respiratoire (épithélium extrêmement mince et occupant pour l'ensemble du poumon une très grande surface : 150 m² environ une fois développé). On conçoit qu'il se produise une diffusion extrêmement rapide dans le sang des capillaires pulmonaires et de là, sans intervention de transformations métaboliques, comme ce serait le cas pour la voie digestive surtout au niveau du foie, passage par les veines pulmonaires dans le cœur et ensuite accès aux organes essentiels et tout particulièrement au système nerveux central. L'action est par suite souvent aussi rapide que si le toxique était administré par voie intraveineuse.

Ajoutons que, à côté des effets généraux, il faut également penser aux effets locaux sur le tissu pulmonaire. C'est ainsi que certains ont incriminé l'inhalation prolongée d'insecticides arsenicaux dans la genèse de cancers pulmonaires.

*c*) **Voie cutanée.** — La peau a, comme on sait, essentiellement un rôle de protection vis-à-vis des divers agressifs physiques, chimiques ou biologiques. Il ne faut cependant pas oublier que certaines propriétés physiques peuvent permettre aux substances qui les possèdent de traverser l'épiderme pour gagner, au niveau du derme, la circulation sanguine et lymphatique. Il en est ainsi en particulier de la solubilité dans les lipides, à laquelle diverses théories ont rattaché, au moins en partie, l'activité d'un grand nombre d'insecticides organiques. La plupart des pesticides sont en revanche beaucoup moins nocifs lorsqu'ils sont appliqués sous forme de poudres sur les téguments de l'homme et des animaux supérieurs dont la constitution chimique est très différente. Il ne faut cependant pas oublier que la peau humaine renferme suffisamment de lipides pour permettre la pénétration, quelle que soit la forme d'application, de nombreux toxiques liposolubles parmi lesquels nous citerons entre autres la nicotine, les dérivés nitrés et aminés aromatiques, l'aldrine et la dieldrine, les esters thiophosphoriques type parathion, et même l'H.C.H.

[1] Il nous paraît utile de rappeler que la concentration maximum de parathion, tolérable pour une exposition prolongée, admise par le dernier Congrès des Hygiénistes gouvernementaux des États-Unis, tenu à Chicago en avril 1954, est seulement de 0,1 mg/m³.

Nous empruntons à LEHMAN (11) le tableau suivant (tableau 2), dans lequel cet auteur indique des chiffres de toxicité cutanée, obtenus par expérimentation sur l'animal ((Lapin, en général) et en déduit, par extrapolation, les doses qui peuvent être dangereuses pour l'homme.

TABLEAU II

*Toxicité par voie cutanée* (1) *de quelques pesticides* (*d'après* LEHMAN)

| Produits | Quantités dangereuses (en mg/kg) Expérimentation sur l'animal 1 seule application | | Applications répétées | Quantités dangereuses pour l'homme, déduites des données sur l'animal (en g) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | à l'état de poudre | à l'état de solution | solution | 1 seule application | Applications répétées (doses journalières) |
| Pyrophosphate de tétra-éthyle ..... | | 10 | 5 | 0,6 | 0,3 |
| Parathion ........ | 40 | 50 | 40 | 3 | 0,3 |
| Nicotine ......... | 60 | 50 | 40 | 3 | 2,4 |
| γ H. C. H. (Lindane) .......... | 4 000 | 50 | 20 | 3 | 1,2 |
| Toxaphène ....... | 4 000 | 780 | 40 | 46 | 2,4 |
| Heptachlore ...... | 2 000 | 780 | 20 | 46 | 1,2 |
| Chlordane ........ | | 1 880 | 40 | 113 | 2,4 |
| D. D. T. ......... | aucun effet | 2 820 | 150 | 169 | 9 |
| Methoxychlore ... | | 2 820 | 600 | 169 | 36 |

(1) Dans le groupe des dérivés halogénés, l'aldrine et la dieldrine, qui ne figurent pas sur ce tableau, posséderaient, d'après LEHMAN (12 *abc*), la plus haute toxicité cutanée. D'après les résultats de l'expérimentation sur le lapin (LEHMAN 12 *c*), les doses léthales 50 approximatives de l'aldrine et de la dieldrine, appliquées en solution à 4 p. 100 dans l'ester diméthylphtalique, sont inférieures à 150 mg/kg. Voici, en comparaison, les doses léthales 50 obtenues pour divers produits chlorés, appliqués chez le même animal, en solution dans le même solvant :

| | | | |
|---|---|---|---|
| D. D. T ............ | > 2 820 mg/kg | Méthoxychlore.......... | > 2 820 |
| Lindane............. | > 188 | Chlordane.............. | < 780 |
| Toxaphène........... | < 780 | Heptachlore............ | 2 000 |

Anticipant sur ce que nous dirons plus loin à propos des variations de la toxicité sous l'influence de divers facteurs, nous tenons à souligner que de tels chiffres n'ont de signification que si l'on indique de façon précise les conditions d'application. C'est ainsi que, comme il ressort d'ailleurs du tableau, les produits en solution sont, du point de vue de la pénétration cutanée, en général beaucoup plus toxiques qu'à l'état de poudres, la différence étant spécialement marquée dans le cas des dérivés organiques halogénés. Le cas du lindane est particulièrement typique. Alors qu'à l'état de poudre, la dose léthale 50 chez le Lapin est supérieure à 4 000 mg/kg, elle s'abaisse aux environs de 188 mg/kg lorsque le produit est en solution dans l'ester diméthylphtalique et à 50 mg/kg lorsqu'il est incorporé à une crème pénétrante. C'est sans doute en se basant sur cette dernière donnée que LEHMAN a calculé la dose dangereuse pour l'homme, figurant sur le tableau. Cette dose qui met le lindane sensiblement sur le même plan que le parathion ou la nicotine, est, à notre avis, beaucoup trop élevée.

Pour en terminer avec la voie cutanée, indiquons que le contact avec les muqueuses est encore plus dangereux que celui avec la peau.

## 2. Expression numérique de la toxicité

Un deuxième point, sur lequel nous croyons utile d'attirer l'attention, concerne l'expression quantitative de la toxicité.

La toxicité d'un corps s'exprime numériquement de différentes façons : les valeurs numériques indiquées se rapportent tantôt à la plus forte dose qui n'est pas dangereuse pour un individu, tantôt à la dose capable d'entraîner la mort d'un seul individu ; mais plus généralement à la dose léthale 50. Cette dose adoptée pour des raisons théoriques, est la dose nécessaire pour tuer 50 p. 100 des animaux d'expérience. Elle est rapportée à l'unité de poids.

Il faut bien remarquer que fréquemment les doses indiquées sont entachées d'erreurs importantes, car il n'est pas rare que les déterminations soient faites sur un nombre très limité d'animaux.

En outre, entre la dose léthale 50 et la dose minimum mortelle, c'est-à-dire celle en deça de laquelle aucun animal n'est tué, il existe une marge parfois importante. Or, ce point est fréquemment oublié et il n'est pas rare de voir raisonner sur la toxicité en considérant presque les doses au-dessous de la DL 50 comme étant inoffensives. S'il nous est permis de préciser notre pensée par une image, il ne serait pas indifférent à une fermière de faire consommer à ses lapins une herbe tenant une dose de toxique inférieure à la DL 50, mais suffisante pour entraîner la mortalité d'une partie de son élevage.

Il y a plus, cette notion de DL 50, trop vulgarisée, fait oublier que, à côté de l'effet nocif évidemment maximum que constitue la mort, on ne saurait négliger toute une série d'effets moins graves mais constituant néanmoins des symptômes toxiques dans le sens où nous avons défini la toxicité.

Un grand intérêt s'attache, de ce fait, à la détermination de la dose dite *ineffective*, dose pour laquelle et en deça de laquelle on ne constate d'altération, même passagère, d'aucune fonction de l'organisme.

Entre cette dose et la dose léthale 50 s'étagent toute une série de doses entraînant des effets pharmacodynamiques d'abord, des effets toxiques ensuite.

## 3. Toxicité par absorptions répétées

Les effets toxiques ne résultent pas seulement de l'absorption en un court espace de temps de doses relativement fortes entraînant une intoxication aiguë, *mais aussi très souvent de l'absorption répétée de petites doses* qui occasionnent des intoxications chroniques beaucoup plus insidieuses. Tel est le cas en particulier des poisons *dits cumulatifs*, retenus dans l'organisme à la faveur d'affinités de nature physique (poisons liposolubles) ou chimique (fluor fixé sous forme de complexes fluo-phosphocalciques dans les tissus osseux ou dentaire) ou encore par suite de leur action nocive sur le filtre rénal qui entrave leur élimination (métaux lourds).

L'absorption de ces petites doses, qui, si elles s'éliminaient normalement, serait sans conséquences discernables, entraîne après un temps variable des lésions bien caractérisées.

Dans le domaine un peu particulier des substances cancérigènes, DRUCKREY et KUPFMULLER (3) ont démontré que l'apparition de tumeurs du foie chez le Rat sous l'action d'un colorant azoïque : le paradiméthylaminoazobenzène ou jaune de beurre, dépendait uniquement de la dose totale administrée, le fractionnement des doses n'intervenant que pour retarder le temps d'apparition du

cancer. On est ainsi conduit à admettre cette notion, *a priori* paradoxale, que *les effets de chaque dose isolée s'ajoutent sans aucune perte quelles que soient les éliminations*. Chaque dose provoque un effet irréversible qui lui est proportionnel et il y a sommation des effets pendant toute la vie de l'animal.

Les hygiénistes ne peuvent se désintéresser de ces effets cancérigènes que pourraient éventuellement manifester certains composés phytopharmaceutiques tels que les huiles lourdes de pétroles, les huiles anthracéniques, les dérivés de l'arsenic, du zinc et du sélénium (25 *bis*). Rappelons à ce sujet la haute activité cancérigène, aussi bien *per os* qu'en badigeonnages, de l'acétyl-amino-2-fluorène (2) composé préconisé à une certaine époque comme insecticide.

Il faut également envisager la possibilité d'effets cumulatifs à travers plusieurs générations. C'est la raison pour laquelle, dans des essais de toxicité chronique, il nous paraît souhaitable de prolonger l'expérimentation sur au moins trois générations d'animaux, en choisissant évidemment des espèces à vie courte comme la Souris et le Rat. Cette règle a été adoptée par l'un de nous (25) pour l'étude de l'action cancérigène éventuelle des matières colorantes ajoutées aux aliments.

On ne saurait donc trop insister sur la toxicité chronique, qui peut revêtir une grande importance dans le cas de la présence de résidus de traitement dans les denrées consommables. On voit combien est dangereuse la conception qui *tend à n'envisager comme poisons que les corps qui tuent rapidement*.

En réalité, un nombre important de substances sont susceptibles de porter atteinte à la santé d'êtres vivants par absorption *prolongée* de doses *considérablement inférieures à celles provoquant des effets aigus*.

Pour bien illustrer cette notion absolument fondamentale, l'exemple des dérivés fluorés nous paraît particulièrement significatif. Alors qu'une intoxication aiguë grave ne se manifeste chez l'homme que pour une dose dépassant largement le gramme, il suffit de doses journalières de quelques centigrammes pour provoquer des lésions dentaires et osseuses et des phénomènes de cachexie. C'est la raison pour laquelle la concentration d'ion fluor dans les eaux d'alimentation ne doit pas dépasser 1,5 mg par litre.

Citons également l'exemple du D.D.T., dont la DL 50 *per os* chez le Rat se situe aux environs de 250 mg/kg. Or l'administration au même animal pendant 7 ou 8 mois d'un régime renfermant seulement 5 parties par million, soit une absorption journalière ne dépassant pas 0,1 mg — provoquerait, d'après GLASSMANN et BUCHAN (5), et aussi LAUG, NELSON, FITZUGH et KUNZE (10), l'apparition de lésions hépatiques. De nombreuses observations dans le même sens pourraient être citées avec différents pesticides, surtout ceux qui peuvent s'accumuler dans l'organisme en raison de leur liposolubilité [1].

Soulignons pour terminer qu'il n'existe pas de relation prévisible entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique. Un exemple très significatif à cet égard nous paraît être celui des isomères de l'H.C.H. Si en effet, du point de vue de la toxicité aiguë, l'isomère $\gamma$ (lindane) est de loin le plus toxique (DL 50 *per os* chez le Rat en mg/kg : isomères $\gamma$ : 125 ; $\alpha$ : 500 ; $\delta$ : 1 000 ; $\beta$ : 6 000), c'est en revanche l'isomère $\beta$ qui, comme l'ont montré des recherches américaines ré-

[1] Récemment, BALL (W. L.) et ses coll. (*A. M. A. Arch. Ind. Hyg.*, 1953, 7, 292 ; cf. également : BALL (W. L.), KAY (K.), CREVIER (M.) et SINCLAIR (J. W.), *The Lancet*, 1953, p. 722 et aussi CREVIER (M.), BALL (W. L.) et KAY (K.), *A. M. A. Arch. Ind. Hyg. a. Occup. Med.*, 1954, 9, 306-314), ont montré que l'absorption prolongée de faibles doses d'aldrine était susceptible de provoquer, chez le Rat, une inhibition de l'œstrus, une diminution du métabolisme basal et une augmentation de l'activité pseudo-cholinestérasique du sérum. Les auteurs soulignent que tous ces effets se sont produits à des doses telles qu'elles pourraient résulter de la persistance de l'aldrine dans les aliments.

centes (27), tient de très loin la tête du point de vue de la toxicité chronique ; par suite de sa fixation et de sa rétention prolongée dans le rein, le cerveau, le muscle, le foie et les réserves lipidiques. Alors qu'il est pratiquement impossible de tuer un rat en lui administrant une dose simple de cet isomère, il suffit de le soumettre pendant 8 à 9 mois à un régime n'en renfermant que 10 p. p. m. pour provoquer une intoxication grave caractérisée entre autres par une atteinte sévère du foie (hypertrophie, foyers de nécrose, dégénérescence graisseuse, altérations cytologiques diverses).

## III. — EXAMEN DES FACTEURS INFLUENÇANT LA TOXICITÉ

Lorsqu'on a déterminé la toxicité d'un composé dans des conditions expérimentales très précises pour une des voies d'introduction déjà examinées, on ne peut extrapoler ces résultats sans réserves à tous les cas pratiques que l'on doit examiner.

De multiples facteurs, qui tiennent au sujet ou aux conditions d'absorption, interviennent pour modifier le niveau de la toxicité dans un sens ou dans l'autre. Nous allons les examiner brièvement.

### 1. Facteurs tenant au sujet

*Espèce.* — On sait que la toxicité varie considérablement avec les espèces animales. Un exemple frappant en est fourni par la comparaison des doses d'intoxication subaiguë *per os* de divers éléments chez le Chien et le Rat (tableau 3). C'est d'ailleurs une notion classiquement utilisée en Phytopharmacie, puisque certains insecticides, tels que les pyréthrines et la roténone, ont été retenus précisément en raison de leur haute toxicité pour les insectes, et de leur absence pratique de nocivité pour l'homme et les animaux à sang chaud. Son importance est fondamentale, puisque, ainsi que nous l'avons dit, la toxicité des pesticides à usage agricole est évaluée par expérimentation sur l'animal. *Il faut par suite être extrêmement prudent lorsque l'on veut extrapoler à l'homme les résultats ainsi obtenus.*

TABLEAU III (¹)

*Sensibilité relative du Chien et du Rat à divers métaux ou métalloïdes*
*Doses d'intoxication subaiguë* per os

| Éléments toxiques | Concentrations en mg par kg dans le régime | |
|---|---|---|
| | Chien | Rat |
| Arsenic | 127 | 217 |
| Plomb | 13 | 4 000 |
| Cadmium | 400 | 45 |
| Baryum | 800 | 2 000 |
| Sélénium | 20 | entre 3 et 10 |

(¹) Ce tableau est extrait dun article de LEHMAN (13) : *Chemicals in foods : a report to the association of food and drug officials on current developments, II. — Insecticides, Section III : Subacute and chronic toxicity.*

*Race.* — On connaît des différences de sensibilité en fonction de la race ; ainsi, les noirs et les jaunes résistent mieux que les blancs aux dérivés nitrés des phénols.

*Sexe.* — Les doses toxiques peuvent varier notablement avec le sexe de l'animal d'expérience. C'est ainsi que, d'après GASSER (5), les rats femelles supportent beaucoup mieux le diazinon (thiophosphate de diéthyle et isopropyl-2-méthyl-4-pyrimidyle) que les rats mâles.

*Poids.* — On peut admettre que la dose de poison nécessaire pour entraîner un effet nocif est d'autant plus grande que le sujet a un poids plus élevé. C'est sur cette conception que repose l'habitude d'exprimer les doses toxiques en unité de poids corporel.

Il faut bien savoir que cette proportionnalité est loin d'être rigoureuse et Claude BERNARD avait déjà indiqué que la dose par kg est d'autant plus forte que l'animal est plus petit.

La conception de la proportionnalité des doses toxiques au poids repose sur l'hypothèse que les mécanismes physiologiques intéressant le toxique sont en rapport avec le volume de l'individu. Une autre hypothèse, selon laquelle les actions en jeu sont des actions de surface, est tout aussi valable, et certains auteurs ont préconisé des formules basées sur les rapports de surface. Il est aisé de voir sur un exemple théorique que les conclusions à tirer quant à la dose effective sont, selon que l'on adopte l'une ou l'autre hypothèse, assez différentes.

Ainsi, avec un composé ayant une dose effective unitaire de 5 mg/kg, la dose effective pour un homme de 64 kg serait (en admettant l'homologie de forme entre l'homme et l'animal d'expérience) de : $5 \times 64 = 320$ mg.

Mais, si on remarque que la surface est proportionnelle à $\sqrt[3]{v}$, on peut écrire : $S = KP^{\frac{2}{3}}$. Pour 1 kg $S = K$ et la dose par unité de surftace est de

$$d_s = \frac{d_v}{K} \qquad \text{par suite} \qquad D = \frac{d_v}{K} \times KP^{\frac{2}{3}} = d_vP^{\frac{2}{3}}.$$

$d_s$, $d_v$ = doses par unité de surface et de poids.

Par suite, pour l'homme de 64 kg

$$D = \frac{d_v}{K}K\ 64^{\frac{2}{3}} =$$

$$D = 5 \times 4^2 = 80 \text{ mg}$$

dose qui est le 1/4 de la précédente.

Nous indiquons cet exemple pour bien souligner les différences de résultats auxquelles on peut aboutir en manipulant sans discernement les données toxicologiques.

C'est là une nouvelle possibilité d'erreur dans l'extrapolation à l'homme des résultats de l'expérimentation animale ; en multipliant la dose toxique en mg kg fournie par cette dernière par le poids moyen de l'homme, on obtient un chiffre de toxicité en général beaucoup trop fort, c'est-à-dire que la toxicité pour l'homme risque d'être minimisée. A cet égard, on peut admettre que la dose toxique pour l'homme est sensiblement équivalente à celle pour un Chien de 20 kg.

*Age.* — En appliquant l'une des règles de proportionnalité précédentes aux enfants, on aboutirait à des conclusions erronées. Il est en effet bien connu qu'ils sont plus sensibles que les adultes à certains toxiques, en particulier

ceux à action nerveuse, morphiniques par exemple, en raison du développement relativement plus important de leur cerveau.

Chez les vieillards par ailleurs, la diminution de l'intensité du métabolisme entraîne une sensibilité plus grande que chez l'homme d'âge moyen.

*Susceptibilités individuelles.* — Certains sujets présentent une intolérance naturelle, dite idiosyncrasie, vis-à-vis de diverses substances. Il y a lieu de ne pas négliger cette intolérance quand on examine les problèmes d'intoxication par les substances phytopharmaceutiques.

*Etat physiologique.* — Le sujet peut être sensibilisé par un état de fatigue ; de même, la grossesse accroît en général la sensibilité aux toxiques.

*Etat pathologique.* — L'altération des organes essentiels peut favoriser l'action des toxiques. On conçoit aisément l'influence d'un état de déficience rénale qui, en ralentissant l'élimination des poisons peut accroître leur nocivité. TRUHAUT (24) a fait à cet égard, dans le cas du pentachlorophénol, des observations très significatives, tant sur l'animal que sur l'homme. On conçoit également l'influence d'une insuffisance hépatique, modifiant les processus normaux de détoxication. Rappelons encore l'effet sensibilisant de l'imprégnation alcoolique vis-à-vis de nombreux poisons, en particulier des dithiocarbamates et des dérivés du thiurame. Dans le cas particulier de l'épiderme, il est facile de comprendre que toute lésion, et en particulier la présence de plaies, favorisera l'absorption cutanée.

En conclusion de cet examen rapide des facteurs de variation de la toxicité tenant au sujet, il nous paraît essentiel de souligner que les déterminations expérimentales se font avec *des populations animales homogènes*. L'hygiéniste a affaire en revanche à une population essentiellement hétérogène et il doit porter son attention sur les cas exceptionnels qui ont d'autant plus de probabilité de se rencontrer que la population envisagée est plus vaste.

## 2. Facteurs tenant aux conditions d'absorption

*Voies d'absorption.* — Nous avons déjà examiné ce point précédemment ; nous n'y reviendrons plus ici.

*Excipient ou charge.* — L'influence de la charge ou de l'excipient intervient de façon importante pour modifier la toxicité : ainsi les DL des poudres mouillables à base de parathion sont plus élevées que celles du produit pur (SCHUPPON (21)).

TABLEAU IV

*Toxicité* per os *du parathion*

| Nature de la préparation | DL 50 en parathion mg/kg |
|---|---|
| Poudre pour poudrage 1 p. 100 | 55 |
| Poudre mouillable 5 p. 100 | 55 |
| Émulsion aqueuse 4 p. 100 | 12 |
| Solution solvant organique | 120 |

Dans la toxicité cutanée, la nature du solvant a une influence notable, et la toxicité du parathion, par exemple, peut se trouver doublée. C'est ainsi que la DL 50 de cet ester thiophosphorique, de l'ordre de 100 mg/kg dans le

cas d'une application unique du produit pur, s'abaisse à 60-40 mg/kg, lorsque les essais sont effectués avec le produit dilué dans un solvant organique tel que l'alcool, le benzène, l'acétone, le dichloréthane, le pétrole, etc (chiffres cités par SCHUPPON (21)).

*Adjuvants.* — Dans le même ordre d'idées, la présence d'adjuvants autres que l'excipient ou la charge peut agir pour augmenter ou diminuer la toxicité. C'est ainsi que certains émulsifiants diminueraient la *toxicité percutanée* des préparations de parathion. Les DL passent de 340 mg kg à plus de 2.800 mg/kg. Il faut remarquer que la *toxicité per os* n'est pas modifiée.

*Substances associées.* — L'administration d'autres substances en même temps que le poison, peut modifier la toxicité dans des sens divers. Ainsi, l'alcool, absorbé même en quantité raisonnable, peut entraîner des accidents graves avec les disulfures de tétraéthyl ou de tétraméthyl-thiurame, ainsi qu'avec la cyanamide calcique.

*Exposition antérieure.* — En dehors des phénomènes d'accumulation déjà mentionnés, il faut avoir présente à l'esprit la possibilité de phénomènes de sensibilisation ou d'intolérance acquise à la suite d'une administration antérieure, du type de ceux qu'on observe avec les salicylés ou les barbituriques par exemple.

Une telle éventualité pourrait se rencontrer en phytopharmacie dans le cas des dérivés aromatiques nitrés ou halogénés.

## IV. — ÉTIOLOGIE DES INTOXICATIONS PAR LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Nous laisserons de côté les intoxications qui peuvent se produire au cours de la fabrication et du transport, ainsi que les empoisonnements criminels que les dispositions légales tendent à rendre difficiles.

Nous envisagerons exclusivement les accidents pouvant survenir lors de la détention, au cours du traitement ou après le traitement, accidents dont l'hygiéniste doit envisager l'éventualité lorsqu'il a à recommander des mesures limitant le libre usage des pesticides toxiques.

### 1. Accidents lors de la détention

Ils résultent de confusions avec des substances alimentaires, des préparations pharmaceutiques ou hygiéniques, etc... Ces confusions sont parfois favorisées par l'aspect physique (poudre arsenicale blanche pouvant être prise pour de la farine, solutions de phénols nitrés colorées en jaune et ressemblant à des huiles...), ou les caractères organoleptiques (odeur terpénique de certaines spécialités liquides par exemple...). D'où l'intérêt de la dénaturation par addition de colorants ou de substances odoriférantes.

Egalement pour empêcher les confusions, il est indiqué d'éviter toutes formes de présentation et de proscrire toutes désignations pouvant rappeler celle d'un produit alimentaire, pharmaceutique ou hygiénique, telles que biscuits, comprimés, ampoules, tubes du type de ceux renfermant des pâtes dentifrices, shampoings...

Les dangers de confusion sont particulièrement à craindre de la part des enfants en raison de leur curiosité, de leur gourmandise et de leur ignorance. C'est ainsi qu'on a eu à regretter, aussi bien en France qu'à l'étranger, des cas

d'accidents parfois mortels à la suite d'ingestion par des enfants de tablettes de métaldéhyde dont la présentation pouvait rappeler celle des pastilles de Vichy.

On pourrait, dans ce domaine, multiplier les exemples en les empruntant à une petite notice qui vient d'être publiée par les services d'hygiène américains et où sont relevées les différentes circonstances d'intoxication d'enfants avec des pesticides (28).

A côté des intoxications résultant des confusions, il faut noter celles attribuables à l'ignorance ou à la stupidité, telle que l'utilisation dans des buts hygiéniques ou thérapeutiques d'un pesticide toxique (accidents mortels fréquemment signalés à la suite de l'emploi de nicotine pour la destruction des parasites corporels).

Il faut encore envisager les empoisonnements qui peuvent se produire par des souillures accidentelles des téguments et spécialement des mains, à l'occasion par exemple du transvasement du contenu d'un sac déchiré ou du nettoyage d'un bidon à la suite d'une fuite. Ces souillures peuvent en effet être à l'origine d'effets nocifs locaux ou généraux et, dans ce dernier cas, il faut distinguer ceux dus à la pénétration transcutanée et ceux résultant d'absorption d'aliments manipulés avec des mains non lavées. D'où l'intérêt d'emballages solides étudiés spécialement pour ne pas être détériorés par le produit au cours d'un stockage prolongé. Il faut encore faire remarquer qu'il est nécessaire de donner aux emballages un aspect qui n'incite pas les utilisateurs à les employer, une fois vides, pour d'autres usages. Des accidents parfois graves ont eu pour origine l'emploi, pour y mettre des matières alimentaires, de récipients contenant encore une certaine quantité de toxique.

## 2. Accidents au cours du traitement

Les industriels et les utilisateurs ont en général du mal à admettre que, dans les pays d'agriculture évoluée, l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, une fois le stade de l'expérimentation terminé et les règles d'emploi fixées par les commissions compétentes, puisse être à l'origine d'accidents, en dehors de cas exceptionnels.

Il nous a paru instructif de reproduire ici des tableaux (V et VI), extraits du compte rendu d'une enquête des services d'hygiène des U. S. A. se rapportant aux accidents observés en Floride en 1950 (7) au cours des traitements des vergers d'agrumes au parathion.

Tableau V

*Répartition de 37 travailleurs intoxiqués par le parathion, selon leur fonction*

| Fonction | Intoxications par le parathion | |
|---|---|---|
| | cas sûrs | cas douteux |
| Manipulateurs de lances à pulvérisations. | 11* | 8 |
| Ouvriers chargés du mélange des préparations dans les citernes ........ | 5 | 3 |
| Sujets exerçant les deux emplois précédents.......................... | 5** | 1 |

* 2 confirmés par baisse du taux de cholinestérase sanguine.
** 3 confirmés par baisse du taux de cholinestérase sanguine.

TABLEAU VI

*Nombre de jours d'utilisation du parathion avant l'intoxication*

| Nombre de jours | Intoxications par le parathion — cas sûrs | Intoxications par le parathion — cas douteux |
|---|---|---|
| 1–4 | 3* | 4 |
| 5–7 | 2 | 7 |
| 8–14 | 4 | 0 |
| 15–21 | 4 | 0 |
| 21 | 12** | |

* 1 confirmé par la baisse du taux de cholinestérase sanguine.
** 4 confirmés par la baisse du taux de cholinestérase sanguine.

Bien souvent on nous présente ce produit comme n'ayant occasionné aucun empoisonnement dans notre pays au cours de ses utilisalions agricoles ; il est toutefois intéressant de noter que les cas d'intoxications, en général certes anodins, mais parfois graves, ne sont pas très exceptionnels, dans un pays comme les U.S.A. où les mesures de protection paraissent cependant être respectées.

Précisons que les accidents survenant au cours du traitement peuvent résulter de l'absorption du poison par l'une des trois voies que nous avons déjà examinées.

*Voie digestive.* — La consommation d'aliments sur les lieux du travail peut être à l'origine d'intoxications. L'introduction du poison peut avoir lieu en prenant l'aliment avec des doigts souillés au cours de la manipulation des produits. La dose susceptible d'être ingérée est évidemment d'autant plus élevée que la spécialité est plus concentrée. L'aliment peut également ne pas avoir été protégé des projections de bouillies, ou être venu par inattention au contact du récipient contenant la spécialité : dans ce dernier cas également, le risque augmente avec la concentration.

Les accidents pourraient évidemment être facilement évités par l'observation des règles élémentaires d'hygiène ; c'est malheureusement loin d'être toujours le cas.

*Voie respiratoire.* — La pénétration peut se faire à l'état de vapeurs ou de microgouttes de liquide ; elle est très importante dans le cas du travail intensif, ce qui a été bien mis en évidence par la détermination du taux du parathion retenu par les cartouches des masques à gaz d'ouvriers effectuant des traitements dans les vergers d'agrumes.

Le tableau ci-dessous rassemble les résultats obtenus, présentés sous forme de moyennes journalières, après une semaine de travail.

TABLEAU VII

*Quantité de parathion trouvée sur le filtre des masques à gaz d'ouvriers traitant au parathion*

| Nature de l'emploi | Nombre de cas examinés | mg de parathion par cartouche et par jour — Valeurs extrêmes | mg de parathion par cartouche et par jour — Moyennes |
|---|---|---|---|
| Conducteur | 22 | 16 — 153 | 71 |
| Opérateur | 10 | 26 — 191 | 97 |
| Chargeur | 18 | 0 — 137 | 43 |

Un opérateur sans masque aurait pu, dans les conditions les plus défavorables, inhaler dans sa journée 191 mg de parathion. Cette dose nous paraît suffisante pour produire des effets marqués. En effet partant de la valeur de 191 mg, en tenant compte de l'inhalation horaire d'air évaluée à 1 200 l et en supposant une durée de travail quotidienne de 8 heures, on peut calculer que la concentration du brouillard en toxique devait être de l'ordre de 20 mg/m³. Or, on peut déduire de résultats expérimentaux signalés par SCHUPPON (21) que, en soumettant pendant quatre heures des lapins à l'inhalation d'une atmosphère renfermant 10 mg/m³ de parathion sous forme de fines particules d'une émulsion au 1/1 000$^e$, on observe au bout de 36 h la mort d'un animal sur six. A ce sujet, il faut souligner, avec HECHT et WIRTH (8), les grandes variations de susceptibilité individuelle au sein d'une même espèce animale. Soumettant des Rats ou des Souris à une concentration en parathion de 50 mg/m³ pendant 8 heures par jour, ces auteurs ont obtenu, chez le Rat, 3 morts sur 6 animaux en 1 à 3 jours et, chez la Souris, 1 mort sur 6 animaux en 4 à 5 jours.

A propos de la pénétration par voie respiratoire, nous soulignerons encore les dangers que présente la destruction inconsidérée par le feu des emballages vides. Il nous est arrivé de voir brûler une centaine de sacs de papier ayant contenu une poudre à base de parathion ; ainsi se trouvait réalisée une fumigation parfaite à base de ce produit toxique. Il n'est pas indiqué, dans un tel cas, de séjourner près du feu, et il est bon d'avertir les utilisateurs des dangers de cette pratique pour eux et pour l'entourage.

*Voie cutanée.* — C'est peut-être la voie principale d'intoxication au cours du traitement. Les risques de contact avec les produits, qu'il s'agisse de liquide coulant des bidons et s'étalant sur l'enveloppe extérieure ou de poudre s'échappant des sacs au cours des manipulations, sont nombreux et multipliés par la répétition des opérations.

Dans cet ordre d'idées, il faut également songer à des imprudences telle que la détention dans une poche de vêtement d'un flacon de produit toxique qui se brise, solution de nicotine par exemple comme dans l'accident qui coûta la vie à un ouvrier belge. Il faut penser également à l'emploi de procédés de traitements désuets, tels que le poudrage avec des sacs de tissus. Tous ces risques de contact intéressent le produit sous sa forme commerciale et posent le problème de la limitation des concentrations que nous aborderons plus loin.

Le contact de la peau et des poisons peut se faire par l'intermédiaire de bouillies et ici nous songeons non seulement aux manipulations incorrectes telles que le brassage de la bouillie avec le bras, mais encore au contact à peu près inévitable dû au dépôt de particules sur la peau et les muqueuses au cours du traitement. Le corollaire est évidemment de protéger les téguments par le port de vêtements adaptés pour le travail, de gants, de lunettes,.. et aussi de nettoyer les vêtements de travail, opération à effectuer en prenant toutes précautions pour éviter les effets nocifs des produits qui pourraient être libérés sous l'effet du lavage.

## 3. Accidents survenant après le traitement

Dans la majorité des cas, le traitement conduit à déposer sur les végétaux un film de produits toxiques, ou encore, avec les substances endo-thérapiques, à introduire le composé toxique dans la sève de la plante. Or, certaines parties des végétaux ainsi traités peuvent servir, dans des délais plus ou moins brefs, à l'alimentation de l'homme ou des animaux.

Ainsi se trouve posé *le problème fondamental des résidus toxiques*. On conçoit que, du point de vue de l'effet recherché, il soit nécessaire que le produit conserve ses propriétés le plus longtemps possible, mais, par ailleurs, il ne faut pas qu'il se retrouve dans les parties consommables en quantité notable.

Il n'y a pas lieu ici d'étudier les processus d'élimination, mais nous devons cependant attirer l'attention sur le fait que, en particulier au cours du traitement des denrées, certains produits peuvent se fixer sur des constituants naturels des matières alimentaires en donnant naissance à des substances hautement toxiques.

Nous citerons un exemple qui, bien que n'étant pas du domaine de la phytopharmacie, est intéressant à considérer.

MELLANBY (16) a démontré que la consommation de farines traitées au trichlorure d'azote (farines agénisées) provoquait des convulsions épileptiformes chez les animaux de laboratoire, et en particulier chez le Chien. BENTLEY et ses collaborateurs (1), puis SHORT et THOMPSON (22), ont démontré que ces accidents étaient imputables à un dérivé de la méthionine, la sulphoximine, se formant sous l'action du trichlorure d'azote.

Parfois, la fixation se fait sur un composant de l'aliment essentiel aux réactions vitales, et, tout en ne donnant pas naissance à des manifestations immédiates d'intoxication, pourrait entraîner, à la suite de consommation prolongée, des phénomènes de carence, l'action du produit phytopharmaceutique altérant la valeur nutritive du produit végétal. C'est ainsi que TOENNIS et KOLB (23) LEWIS et ECCLESTON (15) et WINTERINGHAM et coll. (26) ont démontré que le bromure de méthyle se fixe sur les groupes aminés, SH ou $SCH_3$ des protéines pour donner des composés ammoniums ou sulfoniums, bloquant ainsi la fonction physiologique des groupements primitifs. La méthionine par exemple est transformée en dérivé bromométhylé.

La toxicité du pesticide peut se manifester non seulement dans la consommation du végétal traité, mais encore dans l'absorption de ses produits de transformation. Un cas qui a fait l'objet de nombreux travaux est celui de la présence d'arsenic dans les vins fabriqués à partir de raisins traités aux arséniates. Lorsque le traitement a été exécuté avec de l'arséniate de plomb, la quantité d'arsenic dans le vin est minime, de l'ordre de 0,01 mg par litre (JAULMES (9)), à 0,05 mg par litre (PIGUET (18)), donc inférieure aux maximums tolérables, généralement admis, de 0,2 à 0,3 mg par litre [1].

C'est qu'en effet l'arséniate de plomb est insoluble dans les moûts de raisin ; les arséniates de calcium se comportent de façon différente, en raison de leur solubilité relativement importante dans les acides même faibles. L'arsenic est alors solubilisé au cours de la vinification et les quantités retrouvées peuvent atteindre 15 mg au litre comme dans les expériences de RAUCOURT et SICK (19). C'est pour cette raison que la législation française a interdit l'emploi des arséniates de calcium et, à fortiori, de sodium pour le traitement des tordeuses de la grappe.

Théoriquement, on n'a donc plus à craindre la présence d'un excès d'arsenic dans les vins indigènes. Cependant la quantité d'arsenic se trouvant dans

[1] Soulignons à ce sujet que la Société des Experts chimistes en France a nommé une commission d'étude des substances étrangères dans les aliments dont l'un d'entre nous fait partie : Commission chargée de fixer les taux maximums admissibles des principaux éléments minéraux dans les matières alimentaires.

Les taux limites admis pour l'arsenic vont de 0,1 à 0,5 mg par kg. de substance telle qu'elle est offerte à la consommation (produits de boucherie, charcuterie, poisson, etc.....), jusqu'à 1 mg par kg. de matière sèche dans le cas des céréales et des produits dérivés, ainsi que des légumes et des fruits ; dans le cas du vin, le maximum admissible a été fixé à 0,3 mg. par kg.

des vins d'importation, en provenance de pays à législation de toxiques moins prudente que la nôtre, a pu être à l'origine d'intoxications collectives, telle celle qui s'est produite au Havre en 1931, parmi le personnel d'une compagnie de navigation qui consommait un vin contenant de 3 à 19 mg d'arsenic par litre. Levallois et Icxi (14) ont, par ailleurs signalé des intoxications mortelles en Algérie, conséquences d'un traitement tardif par un mélange de chaux et d'arséniate de sodium et rappelé les intoxications observées dans le Beaujolais pendant l'occupation, imputables, comme l'a démontré Petigny (17), à la rencontre de plusieurs circonstances malheureuses : emploi d'arséniate de chaux, sécheresse exceptionnelle entre le traitement et la récolte (raisins non lavés par les pluies)...

C'est encore une possibilité d'intoxication indirecte qu'il faut examiner avec la consommation de fourrages traités avec les pesticides organiques. En raison de leur liposolubilité, ces produits et en particulier le D.D.T. et ses congénères organohalogénés, s'éliminent partiellement dans le lait (cf. entre autres (4) et (10)) et peuvent se retrouver concentrés dans le beurre. Ce sujet a fait l'objet de nombreuses études ; il devrait être examiné, non seulement du point de vue de la toxicité directe de l'aliment, mais de sa toxicité indirecte lorsqu'un constituant fondamental risque d'être détruit par réaction sur le pesticide ou l'un de ses métabolites.

Enfin, un cas particulier de résidus est celui des produits endothérapiques [1]. Les recherches entreprises en Allemagne à la Station expérimentale de Höfchen avec du phosphore radioactif $P^{32}$ ont montré que le déméton (Systox) ou un de ses métabolites toxiques, pouvait se concentrer dans le fruit quelque temps après le traitement. Dans une phase ultérieure, l'élimination du produit à partir du fruit dépasse l'apport provenant des autres parties du végétal et le produit toxique disparaît progressivement. Il faut bien spécifier que, dans les expériences relatées, les traitements ont été faits à forte concentration.

## 4. Conséquences diverses de l'application des pesticides

Jusqu'ici, nous avons examiné essentiellement la toxicité à l'égard de l'homme et des animaux domestiques, mais nombre d'autres problèmes sont à prendre en considération par les commissions chargées de restreindre la liberté d'emploi des toxiques. Ces problèmes se rapportent à la protection des faunes et des flores sauvages.

La dispersion des produits sur de grandes aires peut détruire des animaux utiles : oiseaux insectivores, insectes pollinisateurs, insectes entomophages.... et cette considération peut conduire à des interdictions de traitements à des périodes critiques. C'est ainsi que le problème de la protection des abeilles a entraîné l'interdiction de traiter avec les organiques de synthèse au moment de la pleine floraison du colza et des arbres fruitiers. Parmi les espèces autres que les abeilles dont la protection doit être envisagée, il faut surtout citer : le gibier, les poissons et les grenouilles. L'application de produits herbicides ou débroussaillants pourrait également faire l'objet de restrictions d'emploi, après étude des conséquences de leur application sur les équilibres biologiques naturels.

Il nous semble qu'une attention particulière doit être portée aux produits

(1) Le Comité français de terminologie des produits phytopharmaceutiques a proposé le terme « endothérapique » pour traduire l'expression anglo-saxonne « systemic ».

préconisés en traitement des sols. On connaît déjà les conséquences néfastes pour la production de pommes de terre, de l'application de l'H.C.H. ou de son isomère $\gamma$ mal purifié.

Il serait bon, enfin, de ne pas négliger les conséquences lointaines de traitements répétés sur la fécondité du sol, d'envisager dans chaque cas l'action sur la microflore, sur les vers de terre, sur la faune entomologique utile. Toutes questions qui, pour chaque produit, demanderaient des études longues et difficiles ; mais le rôle du législateur est aussi bien de protéger les individus dans le présent que de songer au bien des générations à venir.

## V. — ESSAI D'ÉTABLISSEMENT D'UNE DOCTRINE GÉNÉRALE DES LIMITATIONS D'EMPLOI DES PESTICIDES

Des différentes considérations que nous avons exposées dans les pages précédentes, se dégage la notion fondamentale, déjà soulignée dans notre introduction que presque tous les agents chimiques utilisés pour lutter contre les ennemis des cultures sont également susceptibles d'exercer des actions toxiques vis-à-vis de l'homme et des animaux utiles. Ils peuvent, en outre, entraîner des effets nuisibles sur des éléments naturels que l'homme a un intérêt, économique ou spirituel, à conserver dans leur intégrité.

Pour réduire au minimum les risques de nocivité, il faut codifier de façon rigoureuse les conditions d'emploi, tout en évitant au maximum de gêner, par les limitations excessives, les industriels ou les utilisateurs.

Pour les hygiénistes, il convient donc d'adopter une ligne de conduite, basée sur des arguments rationnels, qui, tout en étant efficace pour la protection de la santé publique, puisse être comprise et approuvée. C'est dans ce but que nous avons essayé d'établir ou de préciser quelques règles générales de limitation des emplois des produits phytopharmaceutiques. Nous envisagerons tout d'abord l'attitude que doit prendre l'hygiéniste en face d'une substance nouvelle non encore étudiée, nous indiquerons ensuite la marche à suivre dans l'étude de sa nocivité et nous étudierons enfin les conséquences à tirer d'une telle étude du point de vue des conditions d'emploi.

1. — Lorsqu'une substance nouvelle est proposée comme pesticide et qu'on ne possède que des renseignements insuffisants sur sa toxicité, deux attitudes sont possibles :

— soit en admettre l'emploi sans aucune limite, en se réservant d'édicter des mesures de restrictions justifiées par la mise en évidence d'effets nocifs.

— soit la considérer *a priori* comme toxique et en interdire l'usage jusqu'à ce que la preuve de son innocuité ait été administrée.

Cette seconde attitude nous paraît la plus raisonnable, car il est psychologiquement plus facile d'assouplir une législation que de restreindre les usages ou les formes d'emploi lorsque des positions industrielles et commerciales sont déjà bien établies.

Une attention toute particulière devrait être portée à l'expérimentation des substances nouvelles.

Voyons comment se présente la législation française. Les spécialités pesticides à usage agricole ne peuvent être vendues, si elles n'ont pas été agréées par le Ministre de l'Agriculture. Le Ministre prend avis d'un « Comité d'études des produits antiparasitaires à usage agricole ». Ce comité chargé d'instruire les demandes d'homologation, peut demander des essais aux laboratoires compétents.

Les décisions ministérielles concernant l'emploi d'une substance toxique en agriculture sont prises après consultation de la « Commission pour l'emploi des toxiques en agriculture ».

Les substances vénéneuses utilisées dans l'industrie, le commerce ou l'agriculture, sont réparties en trois catégories : les substances toxiques : Tableau A ; les stupéfiants : Tableau B, et les substances dangereuses : Tableau C.

Nous devons constater que notre législation présente une anomalie assez regrettable. Jusqu'au jour de la reconnaissance officielle de sa toxicité et plus spécialement de son inscription au tableau A, une substance peut légalement être utilisée en phytopharmacie. Ce n'est qu'à partir du moment de cette inscription que l'emploi est absolument interdit, jusqu'à ce que la Commission des toxiques ait donné son avis sur les possibilités d'utilisation.

Pendant toute la période précédant l'inscription au tableau, on peut admettre que, en raison des relations étroites entre « Commission des Toxiques » et « Comité d'études des antiparasitaires », la substance ne recevra pas d'autorisation provisoire de vente. Cependant, elle pourra être largement diffusée dans les milieux agricoles à titre expérimental et gratuit, mesure bénéficiant jusqu'à présent d'une large tolérance, mais qui, à l'avenir, devra être subordonnée à l'autorisation du Comité d'homologation, dans lequel devrait figurer, à notre avis, un hygiéniste qualifié. Cette période d'utilisation permet en effet à un certain nombre d'agriculteurs de connaître le produit et de s'en faire une opinion incomplète qu'ils auront beaucoup de mal à rectifier.

2. — Dans l'étude de la toxicité d'une substance, nous rappellerons la nécessité de déterminer, *chez plusieurs espèces animales* (*dont au moins une ne soit pas un Rongeur*) *et par plusieurs voies d'administration*, non seulement la DL 50, mais encore la dose ineffective, *en ayant soin d'opérer sur un nombre suffisant d'animaux*.

Nous rappellerons également l'importance fondamentale, dans tous les cas où des effets cumulatifs sont à craindre, de la détermination *des effets nocifs de petites doses répétées pendant une longue période*, l'expérimentation étant, dans la mesure du possible, prolongée sur trois générations d'animaux.

3. — Si le produit se révèle toxique, le principe général est d'interdire son usage en agriculture, sauf dans des conditions rigoureusement fixées. Cette règle nous paraît d'autant plus essentielle que l'éducation des utilisateurs sur les dangers de la manipulation des pesticides reste entièrement à faire.

Nous tenons à bien souligner que l'absence d'accidents au cours de l'utilisation de la substance nouvelle au stade expérimental ne saurait constituer un argument de non toxicité. En effet, les utilisateurs sont alors forcément quelque peu sélectionnés et, de plus, peuvent manifester une certaine prudence en face d'une substance peu connue. En outre et surtout, leur nombre est trop limité et il faut attendre les résultats d'une diffusion plus large.

L'accident est en effet l'exception et non pas la règle. Or, c'est précisément les cas exceptionnels qu'implique l'intervention de nombreux facteurs, que doit envisager l'hygiéniste, dont le devoir est de protéger tous les individus, qu'ils soient normaux ou présentent certaines déficiences fonctionnelles passagères ou chroniques.

4. — Une fois la substance reconnue toxique, il faut en fixer les conditions d'emploi. De ce point de vue, les problèmes principaux devant retenir notre attention sont la limitation des concentrations des spécialités, les dates limites d'utilisation, les restrictions d'usage pour la protection d'insectes utiles comme les abeilles, et enfin les maximums admissibles pour les résidus toxiques.

*a*) **Concentrations limites des spécialités.** — L'idée directrice est de calculer une concentration à ne pas dépasser, de façon que les quantités susceptibles d'être absorbées accidentellement ne risquent pas d'entraîner des troubles graves ou même une issue fatale.

Prévoyant le cas d'une ingestion *per os*, consécutive à une méprise, on calculera la quantité de poison contenue dans 10 à 15 g (soit un poids compris entre celui d'une cuillerée à dessert et d'une cuillerée à soupe) pour les liquides, et dans quelques grammes pour les poudres.

Nous avons vu que le risque le plus fréquent d'intoxication par contact provenait du liquide restant sur les mains au cours de manipulations de récipients souillés. Aussi, avons-nous déterminé expérimentalement la quantité qui pouvait rester sur la peau dans de telles conditions. Nous avons trouvé que, en saisissant un flacon de 100 $cm^3$, sur lequel avait coulé un mouillant terpénique liquide, de propriétés physiques assez voisines de celles de préparations à base de toxiques, il restait sur les mains les quantités suivantes :

1re expérience : 0,265 g couvrant 35 $cm^2$, soit 7,3 mg au $cm^2$.

2e expérience : 0,185 g couvrant 37 $cm^2$, soit 5 mg au $cm^2$.

Il nous paraît donc légitime d'admettre comme base de calcul une quantité de 7 mg au $cm^2$, soit, si toute la surface interne de la main était couverte, 0,700 g.

Il faut bien souligner que l'hygiéniste doit s'assurer d'une marge importante de sécurité dans l'utilisation de données toxicologiques obtenues sur l'animal. Nous proposons la règle suivante :

La dose pouvant être absorbée accidentellement par un sujet par une voie quelconque, doit être inférieure au 1/100 de la dose léthale 50. Cette dose léthale doit être la plus faible de celles déterminées sur plusieurs espèces animales. On considère ainsi, position de sagesse, l'homme comme l'animal le plus sensible.

Pour fixer les idées, si nous avons à réglementer la concentration d'un produit à DL 50 de 200 mg/kg, en tempérant les règles de proportionnalité des doses toxiques par rapport au poids, nous adopterons 10 g comme dose toxique pour un homme de poids moyen. Dans ces conditions, la dose tolérable est le 1/100e de cette dose, soit 0,10 g. Par ailleurs, nous venons de voir que le dépôt accidentel sur les mains pouvait facilement atteindre 0,7 g. Cette quantité de liquide ne doit pas contenir plus de 0,100, d'où la concentration maximum à autoriser :

$$\frac{0,1}{0,7} \times 100 = 14 \text{ p. } 100.$$

Soulignons bien qu'en fixant la surface maximum d'un dépôt accidentel à 100 $cm^2$ (surface approximative de l'intérieur des mains), nous ne sommes pas très sévères.

*b*) **Époques de traitement.** — En dehors des interdictions à certaines périodes édictées pour la protection des abeilles et éventuellement pour la sauvegarde d'espèces naturelles utiles, il faut arrêter le traitement quelque temps avant la récolte. Par cette mesure, on veut éviter que la quantité de toxiques restant sur les produits récoltés n'atteigne ou ne dépasse une dose dangereuse.

Le délai d'interdiction avant la récolte dépendra de la stabilité de la matière active et de sa persistance sous sa forme primitive ou éventuellement sous une forme de transformation toxique.

*c*) **Résidus toxiques.** — La question des résidus toxiques que nous venons de considérer, peut être également abordée sous un angle différent, comme le font certaines législations étrangères qui fixent des quantités de toxiques ne devant pas être dépassées dans les produits récoltés. En adoptant une telle position, on rejoindrait les préoccupations d'une commission de la Société des Experts chimistes de France.

Cette solution, qui n'est pas en opposition avec la précédente, obligerait les utilisateurs, si les contrôles analytiques étaient possibles, à respecter les dates limites imposées.

Pour fixer les quantités maximums tolérables, nous inspirant des conceptions de FRAZER concernant la pharmacologie des substances étrangères pouvant être ajoutées aux aliments, et avec le souci de prévoir, en même temps que les susceptibilités exceptionnelles, les effets de toxicité chronique, nous croyons légitime de proposer la règle suivante.

*Le maximum de concentration de pesticides tolérable dans un produit récolté doit être tel, que :*

*— La consommation prolongée d'un régime renfermant la substance considérée à une concentration 100 fois supérieure n'entraîne d'effet nocif vraiment grave, chez aucune espèce animale communément expérimentée, l'expérimentation étant poursuivie autant que possible sur trois générations d'animaux.* [1]

*d*) **Traitement des denrées récoltées.** — Le traitement des denrées récoltées se rattache étroitement au problème des résidus toxiques ; il paraît raisonnable de l'interdire avec tout produit nouveau ou inscrit à un tableau, sauf s'il est bien démontré que les quantités fixées au cours du traitement ne confèrent aucune nocivité aux matières alimentaires et ne modifient pas de façon malencontreuse leurs propriétés organoleptiques ou nutritives.

Le traitement des plantes et semences pourrait être autorisé sous réserve de dénaturation des produits et que les produits traités ne soient plus transformés ultérieurement en aliments pour les animaux ou les humains.

*e*) **Réglementation internationale.** — La moindre sévérité de certaines législations étrangères est souvent mise en avant par les industriels ou les utilisateurs pour critiquer les propositions de limitation d'emploi des commissions compétentes françaises.

Il faut se souvenir, à ce sujet, que le caractère individualiste et souvent frondeur du Français n'est pas fait pour faciliter l'adoption d'un minimum de rigueur dans les prescriptions à observer.

Quoi qu'il en soit, il est certain que l'adoption d'une réglementation internationale est éminemment souhaitable.

## VI. — CONCLUSIONS

Nous avons essayé de montrer dans cet article les dangers auxquels expose l'emploi inconsidéré des produits phytopharmaceutiques, et de justi-

[1] Les règles à adopter pour l'expérimentation ont été exposées et dicutées en détail par l'un de nous dans deux mémoires :

1° TRUHAUT (R). — « Les dangers de cancérisation résultant de la présence des substances étrangères dans les aliments ». — Induslries Agricoles et Alimentaires, 1954 (sous presse).

2° TRUHAUT (R). — « Les dangers de cancérisation résultant de la présence de substances étrangères dans les aliments — Essai d'établissement d'une doctrine générale concernant les limitations d'emploi ». — Annales de Nutrition, 1954 (sous presse).

Pour ne pas allonger un exposé déjà lourd, nous nous permettons d'y renvoyer le lecteur.

fier ainsi les limitations d'emploi dont nous avons tenté d'établir ou de préciser quelques règles générales.

Nous souhaitons vivement être compris des industriels et obtenir d'eux que leurs représentants auprès des utilisateurs fassent l'effort nécessaire pour renseigner leurs clients sur les risques qu'ils courent ou font courir à autrui en négligeant de respecter les prescriptions édictées sur avis des hygiénistes.

Il serait d'ailleurs utile que, à tous les niveaux de l'enseignement et de la vulgarisation agricole, on s'applique à instruire le cultivateur des nocivités que peuvent exercer les pesticides sur l'homme et les animaux utiles.

Une telle éducation aurait, à notre avis, les plus heureux résultats et contribuerait à assurer la protection, non seulement de la santé publique, mais de la nature en général.

## BIBLIOGRAPHIE

(1) BENTLEY (H. R.), MAC DERMOTT (E. E.), MORAN (T.), PACE (J.), WHITEHEAD (J. K.). — *Nature*, **163**, 675, 1949, **164**, 438, 1950, **165**, 150-151 et 735 ; *cf.* également : *Proc. Roy. Soc.* ; **137**, 402-417, 1950.

(2) WILSON (R. H), de EDS (F) et COX (A. J). — Cancer Research, 1941, I. 595 ; cf. également : BIELSCHOWSKY (F.). — *Brit. J. Exp. Path.* **25**, 1944, I et **27**, 54, 1946 ; *cf.* également : ARMSTRONG (E. C.) et BONSER (G. M.), *J. Path. a. Bac.*, **56**, 507, 1944.

(3) DRUCKREY (H.) et KUPFMULLER (K.). — *Z. Naturforschg*, 3 b, 254, 1948 ; *cf.* également : « Dosis und Wirkung », ED. CANTOR, Aulendorf, 1949.

(4) DUNBAR (P. B.). — *Quaterly Bull. Assoc. of Food a. Drug Officials of*, U. S. A., **14**. 1950.

(5) GASSER (R.). — *Ztschr. für Naturforschung*, **8** *b*, 225-232,1953.

(6) GLASSMAN (J. M.) et BUCHAN (R. F.). — *Occup. Med.*, **5**, 536-560, 1948.

(7) GRIFFITHS (J. T.), STEARN JR (CH. R.), THOMPSON (W. L.). — *J. Econ. Ent.*, **44**, 160-163, 1951.

(8) HECHT (G.) et WIRTH (W.). — *Arch. Exper. Pathol. u. Pharmakol*, **211**, 264-277, 1950.

(9) JAULMES (P.). — « Analyse des vins », Montpellier, 1951, 2e édit., Poulain édit.

(10) LAUG (E.), NELSON (A. A.), FITZHUGH (O. G.) et KUNZE (F. M.). — *J. Pharmacol.*, **98**, 268, 1950.

(11) LEHMAN (A. J.). — *Quarterly Bull. Assoc. of Food a. Drug. Officials of U. S. A.*, a) **12**, 82-89, 1948 ; b) *Ibid.*, **16**, 3-9, 1952.

(12) LEHMAN (A. J.). — *Quarterly Bull. Assoc. of Food a. Drug Officials of U. S. A.*,a) **13**, 65-70, 1949 ; b) *Ibid.*, **14**, 82-97, 1950 ; *c*) **16**, 3-9, 1952.

(13) LEHMAN (A. J.). — *Quarterly Bull. Assoc. of Food a. Drug Officials of U. S. A.*, **16**, 47-53, 1952.

(14) LEVALLOIS (M.) et ICXI (G.). — « Sur la toxicité des arséniates », communication faite au *IIIe Congrès Intern. de Phytopharmacie*, Paris, septembre 1952.

(15) LEWIS (S. E.), et ECCLESTON (K.). — *J. Soc. Chem. Ind.*, **65**, 149, 1946.

(16) MELLANBY (E.). — *British Med. J.*, p. 885, 1946 et p. 288 et 963, 1947.

(17) PETIGNY (M.). — *Ann. Falsif. et Fraudes*, **42**, 281-287, 1949 ; *cf.* également : « Contribution à l'étude des causes de l'arsenicisme chronique observé dans la région beaujolaise, étude chimique et clinique », *Thèse Doctorat en Pharmacie*, Lyon, 1944.

(18) PIGUET (G. A.). La teneur en arsenic des produits de Vignes traitées aux sels arsénicaux. *An. agr. Suisse*, 908-950, 1936.

(19) RAUCOURT (M.) et SICK (E.). — Passage de l'arsenic dans le vin de vignes traitées à l'arséniate de chaux. *An. des Epiph.*, 383-387, 1950.

(20) Schrader (G.). — « Die Entwicklung neuer Insektizide auf grundlage organischer fluor und phosphor Verbindungen », Monographie zu *Angewandte Chemie*, Verlag chemie, Weinheim, 1952.

(21) Schuppon (R.). — « Les esters phosphoriques du type parathion et leur emploi comme insecticides en agriculture ; le problème de leur toxicité ». Conférence faite à la *Maison de la Chimie*, 1952, fascicule n° 2 792.

(22) Short (L. N.) et Thompson (H. W.). — *Nature*, **166**, 514-515, 1950.

(23) Toennies (G.) et Kolb (J. J.). — *J. Amer. Chem. Soc.*, **67**, 849, 1945.

(24) Truhaut (R.), Vitte (G.) et Boussemart (E.). — *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **2**, 3-20, 1953.

(25) Truhaut (R.). — « Essai d'établissement d'une doctrine générale des limitations d'emploi des colorants pour matières alimentaires » ; rapport présenté au *Sous-Comité d'experts du Pacte de Bruxelles pour le contrôle sanitaire des denrées alimentaires* (Paris, mars 1954) ; à paraître au *Bulletin des Industries alimentaires et agricoles*, 1954.

(25 *bis*) Truhaut (R.). — « Le Cancer Chimique », *Revue des Docteurs en Pharmacie de France et de l'Union française*, **39**, 75-107, 1950 ; *cf.* également : « Principales données actuelles sur les facteurs chimiques de cancérisation », *Chimie et Industrie*, **69**, 129-141 et 317-322, 1953 et aussi : « Facteurs chimiques de cancérisation ». *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*, 3 610 253 B10, n° 11, 1953.

(26) Winteringham (F. P.), Lewis (S. E.), Harrison (A.) et Bridges (R. G.). — *Pest. infest. Res.*, p. 30, 1950.

(27) Report to the Council on Pharmacy and Chemistry. From the Committee on pesticides. — *J. Amer. Med. Assoc.*, **147**, 571-574, 1951.

(28) « Accidental poisoning in children », notice publiée par B. E. Conley, sous les auspices du « Committee on pesticides of the American Medical Association », Chicago, 1953.

*Note.* — Depuis la rédaction de cet article, nous avons eu connaissance d'un rapport de J. M. Barnes. — Toxicité pour l'homme de certains pesticides. Organisation mondiale de la santé, Genève, 1954 (pour la France, Masson et Cie), dans lequel le lecteur pourra trouver de précieux renseignements complémentaires sur plusieurs points que nous avons traités.

# NOTE PHYTOSANITAIRE

## NOTE SUR LA TOXICITÉ PAR INGESTION DU TOXAPHÈNE A L'ÉGARD DU PIGEON, DU COQ ET DU RAT BLANC

**(Note toxicologique n° 16)**

PAR

**J. AUBRY, M. GATINEAU** et **L. SAINT-LÉGER**
Laboratoire des Vertébrés, Versailles

**Produits et méthode utilisés.** — Nous avons procédé à quelques essais sur Pigeons, Coqs et Rats blancs avec un échantillon technique d'un produit commercial titrant 50 p. 100 de toxaphène ou camphène chloré à 67-69 p. 100 de chlore. Le produit est incorporé dans des pilules qui sont administrées aux pigeons et aux coqs par ingestion forcée. Nous préparons une pâte à pilule en malaxant convenablement au mortier des quantités connues de toxaphène de talc et de sirop de saccharose. Nous prélevons sur cette pâte le poids correspondant à la dose que l'on désire faire ingérer à l'animal ; cette dose est exprimée en mg par kg du poids vif de l'animal. Les rats reçoivent des appâts à base de farine empoisonnés à des taux connus de toxaphène. L'ingestion de ces appâts est naturelle. Les restes sont pesés ; la consommation calculée par différence nous permet d'établir la dose ingérée.

Nous avons opéré d'une part en intoxication aiguë par administration de dose unique, d'autre part en intoxication chronique par administration de doses répétées.

**Résultats.** — A) *Intoxication aiguë par dose unique.* — Ces essais portent sur 2 pigeons, 2 coqs, 5 rats blancs.

*a*) Le premier pigeon a reçu une seule dose de 307 mg/kg et est mort en 6 jours après avoir perdu 125 g. Le second a subi 3 essais (*2a*, *2b*, *2c* du tableau suivant) à 1 mois puis 8 mois d'intervalle.

*b*) Deux coqs reçoivent des doses de 400 et 500 mg/kg et meurent respectivement en 9 et 6 jours ; le premier après avoir perdu 700 g.

*c*) En outre cinq rats blancs auxquels nous avons offert des appâts empoisonnés au toxaphène ont résisté à des doses de 30, 40, 100 et 200 mg/kg.

B) *Intoxication chronique par doses répétées.* — Ces essais portent sur 3 pigeons.

L'administration d'une dose quotidienne de 10 mg de toxaphène pendant 7 jours provoque, au huitième jour, la mort du pigeon n° 3 de la liste suivante. Cette mort est accompagnée d'une perte de poids de 92 g. Le pigeon n° 4 meurt le 14$^{e}$ jour après avoir ingéré une dose quotidienne de 5 mg pendant 13 jours

et après avoir perdu 131 g. Le pigeon nº 5 résiste pendant 28 jours à une dose quotidienne de 2,5 mg après avoir subi une perte de poids maximum de 64 g le 4e jour. Le 29e jour de cet essai il reçoit une dose de 136 mg de toxaphène par kg de poids vif et succombe 3 heures après.

Le dernier jour de l'intoxication chronique les pigeons 3 et 4 sont pris de tremblements et se tiennent difficilement sur les pattes. C'est dans le dernier quart d'heure que le nº 5 est pris de tremblements violents et fait des bonds désordonnés après lesquels il succombera ; entre ces crises il fait des efforts énergiques mais vains pour régurgiter.

Les données de ces essais sont portées sur le tableau suivant et illustrées par les graphiques I et II qui représentent les « courbes » de poids obtenues au cours des différents essais sur Pigeons.

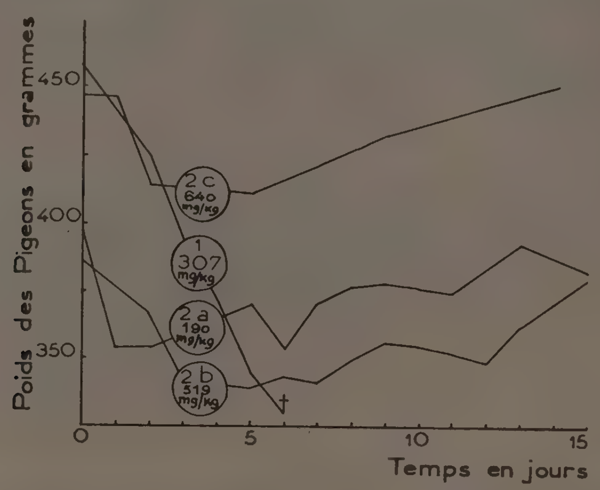



Fig. 1. — Intoxication aiguë par administration de dose unique. Courbes de Poids des pigeons expérimentés. Le numéro du Pigeon et la dose administrée sont indiqués sur la courbe correspondante.

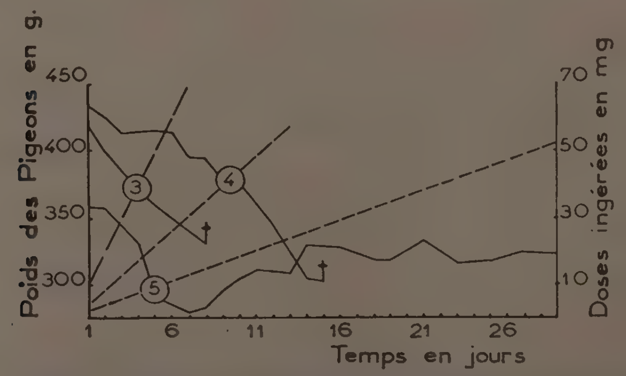



Fig. 2. — Intoxication chronique par administration de doses répétées. En trait plein : courbes de Poids des pigeons expérimentés ; en trait discontinu : doses cumulées. Le chiffre porté à l'intersection des courbes indique le numéro du pigeon auquel correspondent ces courbes.

Intoxication aiguë par dose massive :
Ingestion forcée de pillules.

PIGEONS.

| Nº | Intervalle | Poids en g | Dose en mg/kg | Résultat | Délai de survie en jours | Perte de poids en g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 457 | 307 | mort | 6 | 125 g |
| 2a | 1 mois | 397 | 191 | survie | | 44 au 3e j |
| 2b | 1 mois | 385 | 519 | survie | | 46 au 5e j |
| 2c | 8 mois | 448 | 649 | survie | | 37 au 5e j |

COQS.

| Nº | Poids en g | Dose en mg/kg | Résultat | Délai de survie en jours | Perte de poids en g |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.750 | 400 | mort | 9 | 700 |
| 2 | 2.470 | 500 | mort | 6 | |

Ingestion naturelle d'appâts.

RATS BLANCS.

| Nº | Poids | Dose | Résultat |
|---|---|---|---|
| 1 | 150 | 30 | survie |
| 2 | 126 | 100 | survie |
| 3 | 130 | 100 | survie |
| 4 | 95 | 200 | survie |
| 5 | 203 | 40 | survie |

Intoxication chronique par doses répétées :
Ingestion forcée de pilules.

PIGEONS.

| Nº | Poids en g | Dose | | Durée en j | Résultats | Perte de poids |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | quotidienne en mg | Totale en mg/kg du poids moyen de l'animal | | | |
| 3 | 427 | 10 | 185 | 7 | mort le 8e j | 92 |
| 4 | 436 | 5 | 149 | 13 | mort le 14e j | 131 |
| 5 | 359 | 2,5 | 167 | 28 | | 69 au 4e j |

**Remarques.** — Le pigeon nº 2 a résisté à des doses massives qui se sont montrées fatales dans d'autres cas. La répétition de doses massives à des intervalles suffisants semblerait entraîner une certaine accoutumance du sujet au toxique. Au contraire dans le cas de l'intoxication chronique par ingestion quotidienne de doses faibles on constate une chute notable de la dose léthale (Pigeons nº 3 et 4) donc une forte sensibilisation des pigeons. L'absorption

d'une dose quotidienne de 2,5 mg pendant 28 jours sans suite fatale, semble indiquer qu'il existerait une dose « seuil » au-dessous de laquelle la sensibilisation constatée ci-dessus ne se manifesterait plus.

Ce même animal a succombé à une dose de 136 mg/kg alors que nous avons obtenu par dose unique une survie à 191 mg/kg. D'ailleurs l'animal supportant ce régime manifeste une nette intoxication qui se reflète par la chute de son poids dans les premiers jours de l'essai. Puis il semble réagir et se résigner au sort qui lui est réservé en se maintenant à un poids qui reste toutefois inférieur au poids initial comme le montre la courbe 5 du graphique n° II.

**Conclusion.** — Dans l'intoxication par l'ingestion de dose unique nous avons obtenu la mort d'un pigeon avec 307 mg/kg de toxaphène, la survie d'un autre à la dose de 191 mg/kg ; la mort de 2 coqs à 400 et 500 mg/kg. Les rats blancs expérimentés résistent à des doses pouvant aller jusqu'à 700 mg/kg.

Dans l'intoxication chronique, par l'ingestion de doses répétées avec une dose quotidienne de 10 mg, nous obtenons la mort lorsque le pigeon a ingéré 185 mg/kg de son poids moyen ; lorsque la dose quotidienne passe à 5 mg/kg, l'oiseau meurt lorsqu'il a ingéré une dose totale de 149 mg/kg de son poids moyen.

# DOCUMENTATION

---

## PATHOLOGIE VÉGÉTALE

BLANCHARD (F. A.). — **Aureomycin-chemotherapy of crown gall in tomatoes.** (Chimiothérapie à l'auréomycine du crown gall dans des plants de Tomate). *Phytopath.*, 41, n° 11, 954-958, 1951.

L'auteur a essayé de lutter contre le crown gall de la Tomate en faisant absorber de l'auréomycine par les racines. Les plants de Tomate poussant dans une solution d'hydrochlorure d'auréomycine en milieu nutritif minéral et inoculés avec une aiguille par *A. tumefaciens*, eurent des tumeurs moins nombreuses et plus petites que les plants similaires poussant sur le milieu nutritif sans l'antibiotique. Des concentrations de 5 à 10 γ d'auréomycine par ml ont réduit faiblement la formation des tumeurs ; à 20 γ/ml la protection a été pratiquement complète. Les doses de 50 γ/ml ou plus ont entraîné de graves flétrissements et rabougrissements suivis par la mort de la plante.

L'auteur pense que l'auréomycine agit surtout sur les bactéries plutôt que sur les cellules tumorales.

H. D.

BLANCHARD (F. A.) et DILLER (V. M.). — **Uptake of aureomycin through the roots of Phaseolus lunatus**. (Absorption d'auréomycine par les racines de *Phaseolus lunatus*). *Am. Jour. Bot.*, 38, n° 2, 111-112, 1951.

Des plantules de *Phaseolus lunatus* cultivées dans une solution nutritive ont été transférées dans un milieu identique additionné de 10, 100 et 1 000 γ d'auréomycine/ml. Sept jours après les plantes ont été retirées et après rinçage à l'eau distillée, les racines, les tiges et les feuilles ont été séparées. L'extrait de ces organes a été testé par la méthode de dilution sur le *Bacillus cereus* et les résultats exprimés en microgrammes d'auréomycine par gramme de poids sec de l'organe. Ces résultats montrent que l'auréomycine peut être absorbée par les racines et transportée dans la tige et les feuilles. Cependant, les quantités trouvées étaient beaucoup plus faibles dans la tige et les feuilles que dans la racine. Ainsi dans une expérience où 10 plantes avaient été mises dans une solution à 1 000 γ d'auréomycine/ml, la quantité moyenne d'auréomycine par g de poids sec a été d'environ 42 γ pour les racines, 9 γ pour les tiges et 7 γ pour les feuilles.

H. D.

BRIAN (P. W.), WRIGHT (J. M.), STUBBS (J.) et WAY (A. M.). — **Uptake of antibiotic metabolites of soil microorganisms by plants.** (Absorption de métabolites antibiotiques de microorganismes du sol par des plantes). *Nature*, Lond., 167, 347-349, 1951.

Les auteurs ont étudié l'absorption et la répartition dans les organes de diverses plantes, de la griséofulvine, substance produite par *Penicillium nigri-*

*cans* et *P. griseofulvum*. Des essais préliminaires avec plusieurs espèces de plantes ont montré que si l'on plonge le côté coupé des pousses dans une solution aqueuse de griséofulvine à 10 ou 100 μ g/ml, la substance antibiotique peut être détectée dans les feuilles supérieures en 7-14 jours. Des plantules de Laitue poussant en milieu liquide, dans une solution de Pfeffer modifiée ont absorbé de la griséofulvine par leurs racines et on a retrouvé celle-ci plus tard dans leurs feuilles. Les mêmes résultats ont été obtenus avec l'Avoine : sept jours après avoir placé les plantes dans une solution de griséofulvine, on a détecté la substance dans les gouttes de sudation, à la concentration de 0,1 à 1,0 μ g/ml. On a remis alors les plantes dans un milieu sans griséofulvine et cependant les gouttes de sudation ont continué à en renfermer pendant 3 à 4 semaines. En versant une solution de griséofulvine à 50 μ g/ml dans un sol portant des plantules d'Avoine on observe des faits comparables quoique la griséofulvine apparaisse moins vite dans les gouttes de sudation.

Dans d'autres expériences la griséofulvine a eu une action contre certains parasites. C'est ainsi que des plantules de Laitue ayant absorbé de la griséofulvine et inoculées par *Botrytis cinerea* étaient indemnes dans la proportion de 60 p. 100, deux semaines plus tard, alors que toutes les plantules-témoins étaient mortes. D'autre part, des plants de Tomate cultivés sur sable ont été arrosés pendant 4 jours, chacun avec 50 ml d'une solution de griséofulvine à 100 μ g/ml. Après 5 jours, ces plantes ont été inoculées par des spores d'*Alternaria Solani*. La réduction des lésions des plantes ayant absorbé la substance, par rapport aux témoins, a été de 74 p. 100. Il n'y a pas eu d'action phytocide. La protection s'est prolongée pendant 7-14 jours. La griséofulvine a donc montré une indiscutable action « systémique ».

Les gouttes de sudation de plantules d'Avoine poussant dans un sol inoculé par le *Penicillium griseofulvum* contenaient de la griséofulvine et en quantité plus grande pour des sols stérilisés au préalable. Il est donc possible que le champignon ait produit de la griséofulvine dans le sol, cependant il se peut que la substance ait été apportée avec l'inoculat. L'établissement d'une population active suffisante de *P. nigricans* ou *P. griseofulvum* pour assurer la production de griseofulvine dans un sol normal est plus difficile que dans un sol stérile. Cependant, on ne peut repousser cette éventualité avant d'avoir effectué de nouvelles expériences. H. D.

CERCOS (A. P.). — **Effecto de la bacilomicina y fungocina sobre la germinacion del trigo.** (Effet de la bacilomicine et de la fungocine sur la germination du Blé). *Rev. arg. agro.*, 18, nº 1, 33-35, 1951.

La bacilomicine et la fungocine, substances antibiotiques produites par le *Bacillus subtilis* agissent sur la germination et la croissance des plantules de Blé. Elles inhibent principalement le développement des radicelles et du chevelu radiculaire. Cependant, des différences ont été observées suivant les doses dans leur action sur les différentes parties de la plantule. La bacilomicine en solution à 1 p. 100 inhibe la croissance de la tigelle. La fungocine à 4 p. 100 a le même effet. H. D.

CERCOS (A. P.) et CASTRONOVO (A.). — **Actividad « in vitro » de la Fungocina.** (Activité « in vitro » de la fungocine). *Ann. Soc. Cient. Argentina*, CLII, 68-74, 1951.

La fungocine, substance produite par le *Bacillus subtilis* est de nature protéique. Elle ne contient ni Soufre, ni Triptophane. Cette substance est

active principalement sur les champignons, les plus sensibles étant *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* et divers *Sclerotium*. Des représentants des genres *Penicillium*, *Pythium*, *Phytophthora* et *Rhizopus* sont plus résistants. Elle montre aussi une activité sur quelques bactéries, comme *Corynebacterium diphtheriae*, *Chromobacterium violaceum* et plusieurs espèces de *Micrococcus*. A un moindre degré elle agit aussi sur *Bacillus anthracis* et *B. mycoïdes*. Des microorganismes sensibles à cette substance antibiotique, comme *Candida monosa*, *Staphylococcus aureus* et les coccus en général, montrent des colonies résistantes.

H. D.

Mc Clure (T. T.) et Cation (D.). — **Comparison of actidione with some other spray chemicals for control of Cherry leaf spot in Michigan.** (Comparaison de l'actidione avec quelques autres produits utilisés en pulvérisation pour lutter contre l'Anthracnose du Cerisier au Michigan). *Plant Dis. Reptr.*, 35, 393-395, 1951.

Les expériences réalisées par ces auteurs confirment les qualités exceptionnelles de l'actidione pour le traitement en pulvérisation du feuillage des Cerisiers à fruits acides ainsi que pour ceux à fruits doux. La bonne efficacité contre l'Anthracnose (*Coccomyces hiemalis*) résulte de l'action éradicante de l'actidione. Sa durée d'action préventive n'a pas été déterminée. La concentration minimum pour un traitement efficace contre l'Anthracnose doit être 1 : 1 000 000. Les produits cupriques paraissent très efficaces mais peuvent causer des brûlures importantes. Un dérivé de la glyoxalidine n'a pas montré un pouvoir éradicant intéressant et il a une valeur incertaine s'il s'écoule de longues périodes entre chaque traitement.

H. D.

Colasito (D. J.), Koffler (H.), Tetrault (P. A.) et Reitz (H. C.). — **Antibiotic effects for circulin against certain Gram-negative plant pathogens.** (Effets antibiotiques de la circuline contre certaines bactéries Gram-négative pathogènes des Plantes). *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 77, 107-108, 1951.

Le *Bacillus circulans* produit la circuline hautement active contre *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica*, *E. carotovora*, *Xanthomonas beticola*, *X. campestris*, *X. phaseoli* et *X. translucens* var. *hordei*.

H. D.

Curtiss (P. J.), Hemming (H. G.) et Smith (W. K.). — **Frequentin : an Antibiotic produced by some strains of Penicillium frequentans Westling.** (Frequentine, un antibiotique produit par quelques souches de *Penicillium frequentans* Westling). *Nature*, vol. 167, p. 557, 1951.

Une souche de *P. frequentans*, abondante dans des sols acides de bruyère, produit une substance antifongique et faiblement antibactérienne pour laquelle l'auteur propose le nom de fréquentine. Après 10 jours de culture à 25° sur milieu Czapek-Dox (5 p. 100 glucose) la substance peut être extraite du filtrat par divers solvants organiques (chloroforme et tétrachlorure de carbone). On l'obtient à raison de 120 mg/l. On peut la faire cirstalliser sous la forme d'aiguilles incolores. Son point de fusion est de 128°C.

Cette substance est soluble dans l'acétone et le dioxane, un peu moins dans le chloroforme, l'éthanol et le benzène, légèrement dans le tétrachlorure

de carbure et l'eau. Sa formule brute serait $C_{14}H_{20}O_4$. Elle perd une partie de son activité avec le temps en solution aqueuse, plus vite à pH7 qu'à pH3.5.

Elle inhibe à 2,5 μ g/ml à pH 3,5, la germination des conidies de *Botrytis allii*, *Penicillium gladioli*, *Stachybotrys atra*, *Mucor mucedo* et à 25-50 μ g/ml celles d'*Absidia glauca* et *Aspergillus niger*. En bouillon, la concentration minimum pour inhiber et tuer *Staphylococcus aureus* a été de 300 μ g/ml, *Bacillus subtilis*, 200 μ g/ml. Elle n'a montré aucun effet, à 400 μ g/ml sur *B. coli* et à 200 μ g/ml elle a inhibé mais n'a pas tué *Bacterium globiforme*.

H. D.

DARPOUX (H.), FAIVRE-AMIOT (A.) et LEBLANC (R.). — **Essais de lutte contre la Carie du Blé par des substances antibiotiques.** *C. R. Acad. Agr. de France*, XXXVII, 511-512, 1951.

Les auteurs ont jugé l'action sur *Tilletia Tritici* (BJERK) VINT., de quelques substances antibiotiques en s'inspirant de la méthode mise au point par G. ARNAUD, M[lle] GAUDINEAU et M. LANSADE, pour l'étude des produits anticarie. Les jus de culture de 2 souches d'*Aspergillus niger*, du *Penicillium claviforme*, du *Penicillium* sp. n° 1 005 et du *Trichothecium roseum*, se sont montrés très actifs puisque le poucentage d'épis cariés des lots traités par trempage pendant 4 heures a été nul ou faible (de 0 à 3,7), alors que le lot témoin ayant subi un trempage de même durée dans de l'eau a présenté 61 p. 100 de malades. Cependant, les jus de cultures des *Aspergillus niger* ont réduit sensiblement la faculté germinative des grains. H. D.

DUNLEAVY (J. M.). — **Control of damping-off of sugar beet by Bacillus subtilis.** (Lutte contre la fonte des semis de la Betterave à sucre par le *Bacillus subtilis*). *Phytopath.* 42, n° 9, p. 465, 1952.

De sols de l'Est du Nebraska l'auteur a isolé fréquemment une bactérie qui manifeste une action antagoniste considérable sur le *Rhizoctonia* agent d'une fonte de semis de la Betterave à sucre. Cette bactérie a été identifiée comme étant le *Bacillus subtilis*. Son milieu de culture autoclavé, ajouté à de la gélose nutritive inhibe le *Rhizoctonia*. En serre, la bactérie a été introduite dans un sol stérile, 7 jours avant le *Rhizoctonia*. La fonte de semis a été moins importante que dans un sol témoin sans bactérie. H. D.

DYE (D. W.), HUTCHINSON (P. B.) et HASTINGS (A.). — **The effects of chemicals and antibiotic substances on crown-gall. Part. I.** (Effets de substances chimiques et antibiotiques sur le Crown-gall, 1[re] partie). *N. Z. J. Sci. and Techno.*, 31, p. 30, 1949.

Plusieurs substances ont été essayées par injection, badigeonnage ou en pommade avec la lanoline et de l'huile de Soya, sur le Crown-gall du *Tagetes patula* ou de la Tomate sous-châssis. Des solutions aqueuses de colchicine à 0,5 p. 100 ou à 2 p. 100 ont prévenu la formation des tumeurs ou retardé leur développement. A 2 p. 100 l'efficacité n'a pas été significativement supérieure qu'à 0,5 p. 100. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la pommade. La pénicilline commerciale, en solution dans l'eau, à 15 et 150 U. O. par ml, n'a pas empêché, ni retardé la formation des galles. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les 2 concentrations. La bactérie *A. tumefaciens* a été réisolée de toutes les galles sur *Tagetes* sauf celles de traitées à la colchicine.

H. D.

Dye (D. W.) et Hutchinson (P. B.). — **The effects of chemicals and antibiotic substances on crown-gall (Agrobacterium tumefaciens** (Smith and Townsc **nd.)** Conn. **Part II.** (Effets de substances chimiques et antibiotiques sur le Crown-gall. (*A. tumefaciens*). 2e partie). *N. Z. J. Sci. and Techno.*, 32, 39-43, 1950.

Poursuivant leurs essais de substances sur le crown-gall de *Tagetes patula*, les auteurs ont comparé l'action de la streptothricine, de l'actinomycine, de l'acenaphthène, du dioxyde diéthylène, de l'iodine et de l'huile de girofle par les 3 méthodes décrites (injection, badigeonnage et sous forme de pommade) aussitôt après l'inoculation ou 48 heures après. Seuls l'acenaphthène à 5 p. 100 dans le dioxyde diéthylène, le dioxyde diéthylène et l'iodine ont prévenu la formation des galles ; les 2 premiers ont seuls réduit la croissance. L'acenaphthène seule a eu peu d'effet et l'action du mélange avec le dioxyde diéthylène est sans doute due à ce dernier. La streptothricine et l'actinomycine n'ont pas eu d'effets. L'iodine et l'huile de girofle se sont montrées phytotoxiques. Dans des essais antérieurs avec la colchine, l'application sous la forme de pommade était la meilleure. Ici, ce n'est pas le cas, sans doute parce que le dioxyde diéthylène se mélange mal à la lanoline.

H. D.

Evans (E.) et Gottlieb (D.). — **The role of gliotoxin in the soil.** (Le rôle de la gliotoxine dans le sol). *Phytopath.* 42, p. 465, 1952.

La gliotoxine, antibiotique neutre, est produite par le *Trichoderma viride*, la quantité maximum étant obtenue sur milieu Raulin-Thom après une incubation de six jours. Pour étudier la production dans le sol, les auteurs après extraction à l'acétate d'éthyl et au chloroforme, ont jugé l'activité par la méthode des dilutions sur des spores de *Sclerotinia fructicola*. Par cette méthode il était possible de déceler 0,2 γ de gliotoxine par g de sol. Le *Trichoderma viride* s'est montré capable de produire de la gliotoxine en six jours dans un sol stérile. En sol non stérile, cependant, il apparaît que cet organisme est incapable de produire une quantité décelable de la substance. La capacité de produire l'antibiotique par le *Trichoderma viride* a été vérifiée en pots par l'action de cet organisme sur la fonte de semis causée par le *Rhizoctonia solani*. En sol stérile ou non stérile la maladie sur plantules de pois ou de radis, a été diminuée. Une étude de l'action du *Trichoderma viride* et de l'*Aspergillus clavatus* sur le Crown-gall du Framboisier est en cours.

H. D.

Gopalkrishnan (K. S.) et Jump (J. A.). — **The Antibiotic activity of Thiolutin in the Chemotherapy of the Fusarium wilt of Tomato**. (L'activité antibiotique de la thiolutine dans la chimiothérapie du flétrissement à Fusarium de la Tomate). *Phytopath.*, 42, p. 338, 1952.

L'action de la thiolutine produite par *Streptomyces albus*, a été étudiée sur le flétrissement de la Tomate causé par *Fusarium Oxysporum* var. *lycopersici*. De jeunes plantes de Tomate ont été prélevées au stade 4 feuilles, et après un lavage des racines, transférées dans des flacons d'Erlenmeyer contenant une solution de Knopp et des concentrations variables de thiolutine où on les a laissées 4 jours. Après le traitement les racines ont été lavées, blessées et immergées pendant 10' dans une suspension de spores de *Fusarium*. Les plantes ont été ensuite transférées dans des pots de sable arrosé d'une solution de Knopp.

Une seconde inoculation a été faite 2 jours plus tard. Les symptômes typiques du flétrissement sont apparus sur les témoins le 6e jour après les inoculations. Le flétrissement était total le 12e jour. Par contre toutes les plantes ayant trempé dans des solutions de thiolutine à 10, 20, 40 et 80 p. p. m. sont restées saines pendant toute la durée de l'expérience. Cependant, les plus hautes concentrations de thiolutine ont provoqué un rabougrissement des feuilles. Le parasite n'a pu être isolé des plantes traitées à 40 et 80 p. p. m.

*In vitro*, la thiolutine n'arrête la croissance du Fusarium qu'à des doses supérieures à 100 p. p. m. Elle paraît donc plus active *in vivo*. Il y a peut-être une action synergique avec un métabolite de la plante-hôte. Quelques amino-acides, histidine et méthionine augmentent l'inhibition de certains champignons par la thiolutine *in vitro*. La thiolutine n'apparaît pas dans les gouttes de sudation de la Tomate (essai sur spores d'*Alternaria solani*). De moins bons résultats ont été obtenus en arrosant d'une solution de thiolutine la terre sur laquelle les Tomates étaient cultivées. On suppose que l'antibiotique a été en partie adsorbé.

H. D.

MURNEEK (A. F.). — **Thiolutin as a possible inhibitor of Fire Blight**. (La thiolutine, inhibiteur possible du Feu bactérien). *Phytopath.*, 42, p. 57, 1952.

Après avoir essayé sans beaucoup de succès sur le Feu bactérien, diverses substances utilisées comme fongicides en arboriculture fruitière, l'auteur a expérimenté, en 1951, la streptomycine, et la thiolutine, cette dernière étant produite par des souches du *Streptomyces albus*.

On a pulvérisé une solution aqueuse de ces substances sur la variété Jonathan à la floraison (90 p. 100 des fleurs ouvertes).

Deux mois plus tard, les arbres non traités avaient une moyenne de 224 fleurs malades tandis que ceux traités par une solution de streptomycine à 2,5 g p. 100 l d'eau n'en avaient que 94 et ceux traités par une solution de thiolutine à 5 g p. 100 l, seulement 48.

L'auteur pense que la thiolutine a une réelle valeur pour combattre le Feu bactérien.

H. D.

GOTTLIEB (D.) et SIMINOFF (P.). — **The role of antibiotics in soil**. (Le rôle des antibiotiques dans le sol). *Phytopath.* 40, p. 11, 1950.

La présence de *Streptomyces griseus* ou *Aspergillus clavatus* en sol stérile inhibe la prolifération de *B. subtilis*. Avec *S. griseus*, cette inhibition n'est pas causée par la production de Streptomycine, car même si l'on apporte 500 μ g de cette substance par g de sol stérile la croissance de l'organisme test n'est pas arrêtée. D'autre part, un mutant de *S. griseus*, ne produisant pas de streptomycine, inhibe *B. subtilis* dans le sol. La streptomycine à de hautes concentrations est inactivée dans les sols sablonneux, de limon brun ou argileux, et ne peut être extraite par les procédés chimiques usuels. L'adsorption par l'argile est en partie responsable de l'inactivation.

D'autres substances antibiotiques basiques sont aussi adsorbées par l'argile. Les substances acides comme la clavacine, sont par contre seulement partiellement inactivées en sol stérile et ne sont pas réellement floculées par l'argile. L'apport de plus de 30 μ g de clavacine par g de sol prévient la croissance

de *B. subtilis*. Des essais préliminaires ont montré que l'éluat d'un sol contenant l'*Aspergillus clavatus* possédait une activité antibiotique.

H. D.

GOTTLIEB (D.), HASSAN (H. H.) et LINN (M. B.). — **Actidione as a plant protectant.** (L'actidione comme un agent de protection des plantes). *Phytopath.*, 40, n° 2, 218-219, 1950.

Les auteurs ont étudié les propriétés fongicides de l'actidione sur divers champignons (*Sclerotinia fructicola*, *Pythium graminicola*, *Glomerella cingulata*, *Fusarium lycopersici*, *Rhizoctonia solani* et *Stemphyllium sarcinaeforme*). Sur milieu gélosé la croissance de ces champignons a été retardée pour des concentrations de l'antibiotique comprises entre 0,1 et 10 p. p. m. Tous les champignons sauf *S. fructicola* ont été inhibés à 100 p. p. m.

Des essais de phytotoxicité sur Tomate, Haricot, Géranium, Pêcher et Fraisier ont montré que toutes ces plantes sauf le Fraisier étaient sensibles à des pulvérisations avec de l'actidione à la concentration de 1 000 et 100 p. p. m. Les Tomates et Haricots ont été les plus sensibles : à 1 000 p. p. m. toutes les feuilles ont été tuées, à 100 p. p. m. environ 50 p. 100 de la surface foliaire s'est nécrosée ; tandis qu'à 10 et 1 p. p. m. de petites taches nécrotiques couvraient respectivement 15 et 10 p. 100 de la feuille. Les pousses de Pêcher se sont complètement défeuillées 10 jours après le traitement aux deux plus fortes concentrations, mais il n'y a pas eu de dégâts aux deux plus faibles. Le Fraisier n'a pas souffert de ces traitements.

H. D.

GOTTLIEB (D.) et SIMINOFF (P.). — **The production and role of antibiotics in the soil : I. The fate of streptomycin.** (La production et le rôle des antibiotiques dans le sol : I. La destinée de la streptomycine). *Phytopath.*, 41, p. 420, 1951.

L'action antagoniste du *Streptomyces griseus* sur le *Bacillus subtilis* dans le sol n'est pas due à la streptomycine mais vraisemblablement à une concurrence vitale. La streptomycine comme la plupart des substances antibiotiques basiques, est adsorbée à un haut degré par l'argile et il y a irreversibilité. Il s'ensuit une inactivation rapide. Il est possible que le *S. griseus* produise de la streptomycine dans le sol, mais cette substance antibiotique rapidement adsorbée et inactivée ne doit pas agir sur l'équilibre biologique normal du sol.

H. D.

SMITH (W. L.). — **Streptomycin sulfate for control of bacterial soft rot of packaged spinach.** (Le sulfate de streptomycine pour lutter contre la pourriture bactérienne humide de l'Epinard frais). *Phytopath.* 42, 475, 1952.

Des épinards ont été traités avec du sulfate de streptomycine (0,1 p. 100) plus Tween 20 (0,5 p. 100), 5 jour ou 1 jours avant la récolte. A la récolte, ils ont été trempés dans une eau contenant la bactérie de la pourriture humide, mis frais dans des sacs et laissés à 21° C. Après 1 jour, aucune décomposition n'a été mise en évidence ; après 2 jours, elle fut peu évidente, mais après 4 ou 5 jours, il y a eu une décomposition des épinards, en bouillie. Avec les témoins traités seulement avec le Tween, et trempés dans la culture bactérienne la décomposition était appréciable après 1 jour et totale en 3 jours. Le trempage

d'épinards fraîchement récoltés dans une eau contenant la bactérie, 0,1 p. 100 de sulfate de streptomycine et 0,5 p. 100 de Tween 20 a mieux protégé que le traitement au champ. Les durées de trempage de 5 min. et 10 min. ont également été bonnes. H. D.

MITCHELL (J. W.), ZAUMEYER (W. J.) et ANDERSON (W. P.). — **Translocation of streptomycin in bean plants and its effects on bacterial blights.** (Transport de la streptomycine dans des plantes de Haricot et ses effets sur les maladies de la « graisse »). *Science*, 115, 114-115, 1952.

Plusieurs antibiotiques ont été préparés en pommade à 1 p. 100 (2.5 mg du composé, 0,25 g de Tween $20_2$ et 1 g de lanoline) et appliqués à raison de 20 mg de cette pommade en une couche mince sur la tige, au niveau du premier entre-nœud, de jeunes plantules de Haricot. Un essai d'inoculation par la bactérie : *Pseudomonas medicaginis* var. *phaseoli*, à la face supérieure des premières feuilles, a été effectué 3 jours plus tard. Les symptômes sont apparus après 5-7 jours sauf sur les plantes traitées au sulfate de streptomycine et au sulfate de dihydrostreptomycine. Ce dernier a ralenti légèrement la croissance de la plantule à la dose utilisée, l'autre n'a pas eu d'action défavorable.

Le même type d'essai a été réalisé avec *Xanthomonas phaseoli*. Là, encore le sulfate de streptomycine et le sulfate de dihydrostreptomycine ont prévenu l'apparition des symptômes. Ces substances peuvent donc être absorbées par la tige et transportées aux feuilles primaires. L'hydrochlorure de terramycine et l'hydrochlorure d'auréomycine ont réduit la gravité des symptômes mais ont eu une action phytocide. D'autres antibiotiques : sulfate de néomycine, bacitracine, antibiotique Q 19, thréo D chloromycétine, polymixine, tyrothricine, subtiline, pénicilline G, potassium, n'ont pas réduit appréciablement la gravité des symptômes. Le sulfate de streptomycine a été transporté dans les premières feuilles trifoliées à 15-20 cm du point de traitement en quantité suffisante pour réduire l'infection par la bactérie. Par contre, ce produit appliqué en solution au sol n'a pu être absorbé en quantité suffisante pour protéger la plante. H. D.

GOTTLIEB (D.) et SIMINOFF (P.). — **The production and role of antibiotics in the soil. II. Chloromycetin.** (La production et le rôle des antibiotiques dans le sol. II. La chloromycétine). *Phytopath.* 42, 91-97, 1952.

La chloromycétine peut être produite par le *Streptomyces venezuelae* dans un sol non amendé. La production est beaucoup augmentée lorsqu'on apporte du tryptone et légèrement avec du fourrage vert de Luzerne. Cependant *S. venezuelae* ne s'est pas montré antagoniste du *B. subtilis* dans un sol non amendé. La chloromycétine est pourtant peu adsorbée par les particules du sol, mais son activité est réduite d'environ 60 fois. Additionnée à un sol non stérile elle est en effet dégradée par les microorganismes du sol. Son rôle sur l'équilibre biologique du sol devient alors négligeable. H. D.

GOTTLIEB (D.), SIMINOFF (P.) et MARTIN (M. M.). — **The production and the role of antibiotics in soil. IV. Actidione and clavacin.** (La production et le rôle des antibiotiques dans le sol. IV. Actidione et clavacine). *Phytopath.*, 42, n° 9, 493-496, 1952.

L'actidione n'est pas déplacée d'une solution aqueuse par le sol et elle n'est pas adsorbée par les colloïdes de l'argile. En sol stérile, elle inhibe partielle-

ment *Saccharomyces pastorianus* à 5 μ g par g de sol. L'inhibition n'est pas totale même à 20 μ g par g. Le *Streptomyces griseus* peut produire de l'actidione dans le sol si certains éléments nutritifs sont apportés. La production n'est pas appréciable en sol amendé, même après 19 jours, par contre, avec 3 p. 100 de farine de Soya, on a pu déceler 10,1 μ g par g de sol après ce laps de temps. Apparemment l'actidione n'est pas stable pendant une longue période, même dans un sol stérile (17 p. 100 de l'activité de 10 μ g par g de sol ont disparu en 11 jours dans une expérience). Les microorganismes du sol accélèrent l'inactivation.

La clavacine n'est non plus pratiquement pas adsorbée par les colloïdes argileux du sol. Elle réduit considérablement la croissance du *Bacillus subtilis* en sol stérile : on fait passer le nombre de cellules bactériennes de $11{,}2 \times 10^6$ à $0{,}5 \times 10^6$, avec 10 μ g par g de sol, à $0{,}6 \times 10^5$ avec 20 μ g, et il ne reste aucune bactérie vivante avec 40 μ g. *L'Aspergillus clavatus* est un antagoniste puissant du *B. subtilis*. Les bactéries disparaissent dans un sol infesté par le champignon. Le sucre brun favorise la production de la clavacine. La clavacine est stable pendant longtemps en sol stérile ; mais elle est inactivée par la microflore en sol normal. Dans les sols traités par la clavacine la population des microorganismes augmente généralement. Il y a un développement des souches résistantes à l'antibiotique, surtout des champignons.

H. D.

GROSSBARD (E.). — **Antibiotics and microbial antagonism in plant pathology.** (Antibiotiques et antagonismes microbiens en Pathologie Végétale). *Endeavour* X, n° 39, 1951.

Par des exemples judicieusement choisis dans la littérature, l'auteur met en évidence les possibilités de lutter contre les maladies des plantes, soit par l'application directe de substances antibiotiques, soit en stimulant par des engrais appropriés la croissance de microorganismes naturellement présents dans le sol et qui produisent des antibiotiques.

H. D.

HENRY (A. W.), PETERSON (E. A.), MILLAR (R. L.) et HORRICKS (J. S.). — **Control of covered smut of oats by seed treatment with an antibiotic.** (Lutte contre le Charbon couvert de l'Avoine par le traitement des semences avec un antibiotique). *Science*, CXIII, N° 2396, p. 390, 1951.

Les auteurs ont déterminé l'efficacité de plusieurs antibiotiques contre les Charbons couverts des Céréales dans des essais de plein champ avec des semences traitées par trempage pendant 4 heures. L'actidione à la concentration de 10 parties par million, dans l'eau, s'est montrée efficace contre le Charbon couvert de l'Avoine (*Ustilago Kolleri*) et n'a pas réduit notablement la faculté germinative. La streptomycine n'a montré aucune efficacité, même à 1 p. 1 000. Il en a été sensiblement de même dans le cas du Charbon couvert de l'Orge. Les résultats ont été moins significatifs pour la Carie du Blé, car les témoins infectés et non traités n'avaient qu'une faible proportion d'épis malades.

H. D.

HENRY (A. W.), MILLAR (R. L.) et PETERSON (E. A.). — **Control of covered smut of wheat by rapid seed treatment with an antibiotic.** (Lutte contre la Carie du Blé par un traitement rapide des semences avec un antibiotique). *Science*, CXV, n° 2978, 90-91, 1952.

Dans le but de mettre au point une méthode pratique de désinfection des grains de Blé contre la Carie, par l'actidione, les auteurs ont utilisé la substance antibiotique soit en poudre, mélangée avec de l'argile finement broyée, soit en aérosol en mélange avec l'eau à 0,02 p. 100. Les résultats des essais effectués en serre, montrent que la protection a été complète ou presque, avec les deux formes d'utilisation. La faculté germinative a été légèrement réduite. Les diluants essayés isolément, ont eu aussi une certaine action sur la Carie. Ceci est un avantage car ils n'ont pas d'effet néfaste sur la semence.

H. D.

HESSAYON (D. H.). — « **Double-action** » **of Trichothecin and its production in soil.** (Double action de la trichothécine et sa production dans le sol). *Nature*, 168, nº 4284, 998-999, 1951.

L'auteur a étudié l'action de la trichothécine sur le *Fusarium oxysporum* var. *cubense* en boîtes de Pétri. A de très faibles concentrations (0,00018-0,0018 γ ml) il y a eu une stimulation de la croissance. A doses plus élevées (0,0018-10 γ ml) l'effet a été fongistatique. Au-dessus de ces quantités, il y a eu action léthale et à 44 γ ml l'effet a été complètement fongicide. Une double action a été observée. A une concentration supérieure à 10 γ ml l'extrémité des hyphes a présenté des boursouflures puis a éclaté. A de faibles concentrations, il y a eu seulement une élongation cellulaire mais insuffisante pour entraîner la désorganisation. En sol stérile de jardin (pH 6) le *Trichothecium roseum* après 10 jours d'incubation à 25° a produit de la trichothécine que l'on a pu déceler en incorporant la terre autoclavée dans un milieu gélosé et en testant l'activité sur le *F. oxysporum*.

H. D.

JOHNSON (L. F.). — **Control rot of root of corn under greenhouse conditions by microorganisms antagonistic to Pythium arrhenomanes.** (Lutte contre la pourriture des racines de Blé en serre par des microorganismes antagonistes du *Pythium arrhenomanes*). *Phytopath.*, 42, p. 468, 1952.

L'auteur a étudié en serre l'action de 37 actinomycètes et 53 champignons antagonistes du Pythium. Chaque souche a été mélangée au sol préalablement stérilisé puis inoculé avec le Pythium. Une semaine après, le Blé a été semé et les racines ont été examinées après 2 semaines de croissance. Sept actinomycètes et cinq champignons ont réduit la gravité de la pourriture des racines. Ces champignons étaient des espèces de *Spicaria*, *Penicillium* et *Aspergillus*. En général, les souches qui ont donné des résultats positifs en serre s'étaient aussi montrées hautement antagonistes du *Pythium* en milieu gélosé, produisant une zone d'inhibition de 10 mm ou plus. Cependant, beaucoup de souches hautement antagonistes n'ont pas réduit la gravité de la pourriture des racines.

H. D.

MC KAY (R.). — **Actidione treatment of cherry fruit.** (Traitement des cerises à l'actidione). *J. Austral. Inst. Agric. Sci.*, XVII, 4, 216-217, 1951.

D'autres auteurs (PETERSEN, CATION) ont montré que l'actidione utilisée en pulvérisation à des concentrations de 1,5 et 10 : 1 000 000 était efficace pour lutter contre l'Anthracnose du Cerisier (*Coccomyces hiemalis*) mais on manquait de données sur l'action phytocide possible sur les cerises. L'auteur a donc trempé des cerises à la récolte pendant 1 minute dans des solutions d'acti-

dione à 1,5, 10 et 25 : 1 000 000 ; il a aussi traité des Cerisiers avec des solutions à 1 et 25 : 1 000 000. Dans aucun cas il n'a observé d'effets phytocides sur les cerises.

H. D.

MC KAY (R.). — **Sugar Beet diseases in Ireland.** (Maladies de la Betterave à sucre en Irlande). *Irish Sugar Comp.*, 72 p., Dublin, 1952.

Sous une forme claire et bien présentée, l'auteur donne les éléments essentiels pour connaître les principales maladies de la Betterave à sucre et savoir les combattre. Il décrit notamment les maladies causées par des champignons : *Phoma betae, Peronospora schachtii, Helicobasidium purpureum, Uromyces betae, Ramularia beticola, Cercospora beticola, Alternaria tenuis*, les maladies causées par des bactéries et par des virus, et les maladies non parasitaires (carences en particulier). Cet excellent ouvrage de vulgarisation bien illustré, a sa place dans la bibliothèque de tous ceux qui s'intéressent à la culture de la Betterave.

H. D.

LACHANCE (R. C.). — **Antagonisme des microorganismes du sol envers le Colletotrichum linicola, agent de l'Anthracnose du Lin**. *Canad. J. Bot.* 29, p. 438, 1951.

L'auteur a fait un inventaire de la flore microbienne de certains sols du Bas St-Laurent où se cultive le Lin. Un certain nombre des microorganismes isolés se sont avérés antagonistes *in vitro* du *C. linicola*. Plus de la moitié eurent une action fongicide en milieu solide, tandis que les autres n'eurent qu'un effet fongistatique après 4 jours de croissance continue. En milieu solide, quelques bactéries ont provoqué une germination anormale des spores et une croissance anormale du mycélium. En milieu liquide, une seule de ces bactéries a permis la germination des spores ; les autres ont eu une action antagoniste plus prononcée en milieu liquide qu'en milieu solide. Les structures anormales sont décrites et illustrées. L'influence du milieu de culture sur l'action antagoniste des microorganismes fut étudiée. De douze milieux mis à l'essai, les géloses aux patates, à l'oignon et la gélose nutritive sans dextrose se sont avérées les plus utiles.

*In vivo*, les antagonistes utilisés n'ont pas eu d'action sur l'Anthracnose du Lin. Ces études ont été faites soit avec des graines saines semées en terrain contaminé, soit avec des graines contaminées, semées en terrain sain. Les antagonistes ont été introduits soit directement dans le sol, soit par la bactérisation de la graine. Toutefois lorsque la terre fut préalablement stérilisée à l'autoclave, la moitié des organismes essayés ont diminué le pourcentage d'Anthracnose, d'autres n'ont apporté aucun changement et quelques-uns moins nombreux l'ont augmenté.

H. D.

LEBEN (C.) et ARNY (D. C.). — **Seed treatment experiments with helixin B.** (Essais de traitements de semence avec l'hélixine B). *Phytopath.*, 42, p. 469, 1952.

En serre, des grains d'Avoine naturellement infectés avec *Helminthosporium victoriae* ont été traités avec l'antibiotique helixine B (1,8 unités p. mg) à une concentration approximative de 25 g p. 100 litres et avec le Ceresan M en poudre (7,7 p. 100 d'éthylmercure-p.-toluène-sulfonanilide). Dans 3 répétitions faites à des époques différentes, les pourcentages de plantules malades ont

été : hélixine B, 0,6, 1,5 et 4,8 ; Ceresan M, 7,0, 4,0 et 3,0 ; témoins non traités 39,2, 27,7 et 39,4. Dans le premier essai l'émergence a été inhibée par le traitement à l'antibiotique. Ceci était dû à l'éthanol, le solvant ayant servi à extraire l'antibiotique. Dans le second et le troisième essais, l'éthanol s'est évaporé aussitôt après le traitement, et l'émergence n'a pas été inhibée.

H. D.

SMEBY (R. R.), LEBEN (C.), KEITT (G. W.) et STRONG (F. M.). — **Production and purification of the antibiotic helixin.** (Production et purification de l'antibiotique hélixine). *Phytopath.*, 42, p. 506, 1952.

L'hélixine est produite par une espèce de *Streptomyces* non identifiée. La production est bonne sur un milieu glucosé à base de farine de Soya. L'influence de divers éléments dans le milieu est étudiée. Le maximum d'activité est généralement obtenu en 6-10 jours. Au cours de l'extraction, l'utilisation de la méthode chromatographique sur papier a permis de séparer 4 composés actifs, les helixines A, B, C et D. Le mode d'extraction et l'activité *in vitro* sur huit microorganismes ont permis de conclure que l'helixine B était identique à l'endomycine décrite par GOTTLIEB et Al.

H. D.

LUKE (H. H.). — **Fungi isolated from sugar cane soils of Louisiana and their antagonistic effect on Pythium arrhenomanes.** (Champignons isolés de sols à canne à sucre de Louisiane et leur action antagoniste sur *Pythium arrhenomanes*). *Phytopath.*, 42, 469, 1952.

5 218 souches de champignons ont été isolées de plusieurs types de sols à canne à sucre de Louisiane et l'auteur a étudié leur action antagoniste sur *Pythium arrhenomanes*, l'agent de la pourriture des racines de la canne à sucre. Environ 17 p. 100 de ces champignons ont manifesté une action antagoniste. Pour mesurer l'activité antibiotique de ces champignons dans le sol on a établi la valeur antibiotique (la distance moyenne d'inhibition en millimètres X nombre de milliers de champignons par g de sol). Une corrélation a été trouvée entre les types de sols et la valeur antibiotique. Cette dernière a été plus élevée dans les sols lourds argileux, que dans les sols sablonneux légers. Cependant la pourriture des racines n'a pas été prédominante dans les sols légers et a été grave dans les sols lourds.

H. D.

NEWHOOK (F. J.). — **Microbiological control of Botrytis cinerea.** PERS. I. **The role of pH changes and bacterial antagonism.** (Lutte microbiologique contre *Botrytis cinerea*. I. Le rôle des changements de pH et de l'antagonisme bactérien). *Ann. appl. Biol.*, 38, 169-202, 1951.

Des souches de *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Chromobacterium*, isolées de feuilles mortes de Laitues ayant hiverné, se sont révélées antagonistes du *Botrytis cinerea*, sur gélose nutritive, sur feuilles de Laitue détachées ou sur feuilles blessées de plants de Laitue, à des températures comprises entre 4 et 25°C et humidité élevée. L'action antagoniste par des souches de *Bacillus* ou par *B. coli* n'a été évidente qu'au-dessus de 15°-20°C tandis que d'autres se sont montrées actives à 4°C. La croissance bactérienne sur gélose ou sur feuille de Laitue détachée élevait ordinairement le pH de 6,1 à 7,8-8,4 ; à ce pH, la croissance du *Botrytis cinerea* est négligeable et l'activité de la pectinase qu'il

produit est beaucoup réduite. L'antagonisme des bactéries étudiées était cependant dû, en grande partie, aux substances antibiotiques, indépendamment de l'effet du pH élevé. *B. cinerea* sur milieu gélosé ou sur feuilles de Laitue a produit une réaction fortement acide, capable de neutraliser la réaction alcaline due à l'activité bactérienne lorsque celle-ci n'était pas assez établie. La flore bactérienne mélangée, prélevée sur feuilles mortes a montré une action inhibitrice sur *B. cinerea* aussi élevée ou plus que celle des souches tests en culture pure. Beaucoup de souches bactériennes causent la lyse du mycélium jeune, actif de *Botrytis*. En association, avec de nombreuses bactéries, *B. cinerea* a montré certains comportements anormaux : sporulation stimulée ou diminuée, distorsion vésiculaire des hyphes, etc... Quelques spores de la souche de *B. cinerea* donnèrent naissance à de nouvelles souches plus résistantes à l'antagonisme.

H. D.

NEWHOOK (F. J.). — **Microbiological control of Botrytis cinerea.** PERS. II. **Antagonism by fungi and actinomycetes.** (Lutte microbiologique contre *Botrytis cinerea*. II. Antagonisme par des champignons et des actinomycètes). *Ann. appl. Biol.*, 38, 185-202, 1951.

*Botrytis cinerea* a été inhibé par les cultures pures de nombreux champignons et actinomycètes sur gélose à l'extrait de Laitue et par ces cultures ou par la flore mélangée de suspensions de sol, sur feuilles de Laitue détachées et blessées et sur feuilles lésées de plantes vivantes, dans des conditions de grande humidité. Cette action a été mise en évidence dans bien des cas à 4°C quoiqu'elle fût moins marquée qu'à 15-25°C. L'activité de la plupart des champignons élevait le pH à 7,8-8,4, mais l'emploi de milieux tamponnés a montré que beaucoup d'espèces étaient antagonistes en produisant des substances antibiotiques.

L'auteur pense que l'antagonisme des saprophytes est responsable en partie de la lutte naturelle en champ contre *B. cinerea*. L'humidité influence grandement l'établissement et la croissance du *B. cinerea* et le développement de microorganismes antagonistes. Des applications toutes les 3 semaines de suspension de *Cephalosporium* sp., *Fusarium flocciferum* et *Phoma eupyrena* ne donnèrent pas un accroissement significatif dans la survie finale des Laitues en champs. D'autre part, des applications toutes les 3 semaines d'une poudre contenant du tétrachloronitrobenzène ont donné un accroissement hautement significatif de la survie, l'efficacité étant grandement augmentée par l'utilisation de cloches. *B. cinerea* sur *Epilobium* sp., *Ranunculus repens*, *R. flammula* et *Lamium amplexicaule* a été combattu efficacement en inoculant les tissus morts avec des suspensions de sol.

H. D.

NOVOGRUDSKY (O. M.). — **The antibiotic properties of the soil.** (Les propriétés antibiotiques du sol). *Mikrobiologiya*, 17, 193-200, 1948 (Résumé en anglais).

Dans des essais sur les propriétés antibiotiques des sols, l'auteur a utilisé plusieurs méthodes. Les racines de Blé ou d'Orge pratiquement débarrassées du sol sont invariablement envahies par une espèce microbienne et dans quelques cas complètement décomposées ; par contre, si de la terre adhère aux racines, il n'y a pratiquement pas de développement du microorganisme et de décomposition. Pour les études quantitatives l'auteur a utilisé la technique

suivante : 10, 50 et 250 mg de différents sols à particules de 0,5-0,25, 0,25-0,125 et moins de 0,125 mm de diamètre ont été répandus sur de la gélose en boîte de Pétri. Après une incubation à 20-22°C, les colonies ont été dénombrées et les résultats exprimés en pourcentages d'inhibition. Invariablement, le sol a supprimé la croissance des microorganismes. Cette action a été principalement prononcée avec un sol à particules finement dispersées. La stérilisation a supprimé cet effet antibiotique. Le texte contient une tentative d'explication de ce phénomène par l'adsorption, la présence de substances toxiques dans le sol, etc...

H. D.

PRAMER (D.) et STARKEY (R. L.). — **Decomposition of Streptomycin.** (Décomposition de la streptomycine). *Science*, 113, p. 127, 1951.

La streptomycine mélangée à de la terre stérile à raison de 100 μ g par g de sol n'a pas perdu son activité après 3 semaines, mais dans de la terre non stérile, plus de la moitié a été inactivée après une semaine et le reste complètement inactivé après deux semaines. L'addition de glucose ou d'acide glutamique dans le sol a parfois retardé l'attaque de la streptomycine. Une 2e ou une 3e addition de streptomycine disparaît parfois plus vite que la première. Des bactéries isolées de sols traités à la streptomycine ont continué de se développer sur un milieu dont le seul constituant organique était la streptomycine. La molécule de cette dernière a été décomposée et inactivée par les bactéries. Pendant la décomposition, on a constaté une odeur rappelant celle du malt et de la pyridine.

H. D.

ROGER (L.). — **Phytopathologie des pays chauds.** Tome II, 208 fig., 1126 p., P. LECHEVALIER édit., Paris, 1953.

Dans ce tome, seconde partie de son ouvrage, l'auteur continue l'étude descriptive des maladies parasitaires des plantes des pays chauds. Il traite les Ascomycètes, les champignons imparfaits et les champignons stériles en suivant un ordre systématique très poussé. Toutes les espèces s'attaquant aux plantes des pays chauds sont ainsi passées en revue. En dehors des caractères systématiques des champignons, l'auteur développe les conditions d'évolution des maladies et les moyens de les combattre.

Cet ouvrage représente un travail considérable de bibliographie et de synthèse. Il sera extrêmement précieux pour tous ceux qui s'intéressent à la Pathologie Végétale.

H. D.

TIMONIN (M. I.). — **Activity of patulin against Ustilago tritici** (PERS.) JEN. (Activité de la patuline contre *Ustilago tritici* (PERS.) JEN. *Sci. Agric.*, 26, 358-368, 1946.

*In vitro*, la patuline est fongicide pour le mycélium d'*Ustilago tritici*, à la concentration de 1 p. 100 000. Elle inhibe totalement la germination des spores à 1 p. 66 000. La patuline est toxique pour l'embryon du grain de Blé à des concentrations supérieures à 1 p. 20 000, par trempage des grains pendant 24 heures. A 1 p. 20 000 la germination est réduite de 4 p. 100. Des essais de traitement de grains de Blé, infectés par l'*Ustilago*, par trempage pendant 24 heures dans une solution de patuline à 1 p. 20 000, et semis aussitôt après le

traitement ou après séchage, ont donné des résultats négatifs, le pourcentage de plantes malades étant aussi élevé que sur les témoins.

Il est intéressant de noter qu'*in vitro* la patuline agit à 1 p. 100 000 sur le mycélium et 1 p. 60 000 sur les spores, alors qu'à 1 p. 20 000 elle est sans action sur le parasite *in vivo*. Pourtant, elle peut diffuser à travers les téguments de la graine car la faculté germinative diminue. Pour expliquer ceci, on peut faire deux hypothèses :

1° La patuline est inactivée par un complexe organo-chimique dans le grain de Blé. On a montré que le groupe SH l'inactive *in vitro*. Or dans le grain de Blé, il y a de nombreuses protéines qui contiennent le groupe SH. Ainsi 10 gm de farine ajoutée à 50 ml de solution de patuline réduisent l'activité de 4/5.

2° Le mycélium latent dans le scutellum est résistant.

H. D.

VASUDEVA (R. S.), ROY (T. C.). — **The effect of associated soil microflora on Fusarium udum** BUTL., **the fungus causing the wilt of pigeon-pea**. (**Cajanus cayan** (L.) MILL.). (L'effet de la microflore associée du sol sur *Fusarium udum*, le champignon causant le flétrissement du pois-pigeon. (*Cajanus cajan*). *Ann. Appl. Biol.*, 37, n° 2, 169-177, 1950.

Le *Fusarium udum* a produit des infections plus nombreuses en sol stérilisé qu'en sol non stérilisé à même pH. A partir de ce sol non stérilisé, les auteurs ont isolé 9 champignons, le *Bacillus subtilis*, et un Actinomycète. Ils ont ensuite étudié l'interaction entre *F. udum* et ces microorganismes. L'*Aspergillus niger* et l'*Asp. terreus* ont sécrété sur bouillon de pomme de terre sucré, une substance inhibitrice du *F. udum*. Le *B. subtilis* a inhibé le développement du champignon sur milieu solide et sécrété une substance inhibitrice en milieu liquide. Cette substance est thermostable. Les auteurs pensent que la faible proportion de plantes malades en sol non stérile peut être due à l'action inhibitrice de la microflore associée.

H. D.

WALLEN (V. R.) et SKOLKO (A. J.). — **Antibiotic X. G. (from B. subtilis) as a seed treatment for the control of leaf and pod spot of peas caused by Ascochyta pisi**. (L'antibiotique X. G. (du *B. subtilis*) comme désinfectant des semences pour lutter contre l'Anthracnose du Pois causé par *Ascochyta pisi*). *Canad. J. Res.*, XXVIII, 623-636, 1950.

L'antibiotique X. G., extrait de cultures du *Bacillus subtilis*, a des propriétés fongistatiques contre *A. Pisi*, *in vitro*, à des concentrations variables avec le pH et la température. A des concentrations supérieures à 1 : 1 000 000, la germination des spores a été complètement inhibée à tous les pH essayés. L'antibiotique a montré une action fongicide, mais les spores du champignon en suspension à raison de 10 000 par ml doivent rester au moins 12 heures avec la substance pour être tuées. Le trempage des graines de Pois malades pendant 18 heures dans une solution à 25 : 1 000 000 de X. G. a permis une désinfection efficace contre *A. Pisi*. Le traitement s'est montré moins dangereux que celui à l'eau chaude. Les graines traitées ont été conservées 3 mois sans que leur faculté germinative soit affectée. L'antibiotique X. G. est stable au moins 8 mois dans l'acétone et 2 mois dans l'alcool.

H. D.

WALLEN (V. R.) et SKOLKO (A. J.). — **Activity of antibiotics against Ascochyta pisi**. (Activité d'antibiotiques contre *Ascochyta pisi*). *Canad. J. Bot.*, XXIX, 4, 316-323, 1951.

Les auteurs ont étudié l'action fongistatique de plusieurs antibiotiques sur la germination des spores d'*Ascochyta Pisi*. L'actidione, l'antibiotique X G, la viridine (au pH 3,5), se montrèrent fongistatiques à la dilution de 10 : 1 000 000, la gliotoxine et l'acide gladiolique à 20 : 1 000 000, tandis que la citronine n'a pas révélé d'activité au-dessous de 100 : 1 000 000. Dans des essais d'action fongicide sur les spores d'*A. Pisi*, l'antibiotique X. G., la gliotoxine, l'actidione, l'humulon, l'acide gladiolique et la viridine se sont révélés actifs à des concentrations de 50 : 1 000 000 après 12 heures de contact, tandis que la clavacine, le lupulon, la citronine ne l'ont été qu'à 100 : 1 000 000. L'action de ces antibiotiques sur la germination des graines de Pois a été étudiée sur papier filtre et dans le sol. En général, les substances qui possèdent la plus grande activité fongistatique et fongicide sur les spores d'*A. Pisi* ont été les plus phytotoxiques. Des essais de désinfection interne des graines de Pois, infectées par *A. Pisi*, ont été réalisés. Aucun antibiotique ne donna de résultats positifs après 6 heures de trempage. Par contre, après 12 heures l'actidione et X. G. ont fortement réduit les attaques ultérieures du parasite. L'actidione semble assurer une bonne désinfection à de fortes concentrations (75 et 100 : 1 000 000) et 18 heures de trempage, mais dans ces conditions la germination est considérablement rénuite. En dehors de l'actidione et de X. G. les autres antibiotiques n'ont pas assuré une désinfection suffisante, même après 24 heures de trempage. Les auteurs pensent que certains d'entre eux, comme l'acide gladiolique et la viridine, pourraient être utilisés pour combattre d'autres maladies en désinfection plus superficielle.

H. D.

WARREN (J. R.), GRAHAM (F.) et GALE (G.). — **Dominance of an Actinomycete in a soil microflora after 2,4.D.Treatment of Plants**. (Dominance d'un Actinomycète dans la microflore du sol après un traitement de plantes au 2,4.D). *Phytopath.*, XLI, 11, 1037-1039, 1951.

Après traitements de plants de Tomate au 2-4 D, on a noté la prédominance dans le sol d'un Actinomycète dont les propriétés antifongiques sont assez élevées. Sur milieu gélosé, il a inhibé la croissance de nombreux champignons : *Rhizoctonia Solani*, *Sclerotinia cinerea*, *Sclerotium Rolfsii*, *Alternaria Solani*, *Venturia inaequalis*, *Blastomyces Dermatitides*. Son activité était faible sur les bactéries : *Escherichia coli*, *Micrococcus pyogenes* var. *albus* et *Mycobacterium* sp.

H. D.

WOOD (R. K. S.). — **The control of diseases of lettuce by the use of antagonistic organisms. I. The control of Botrytis cinerea** PERS. (La lutte contre des maladies de la Laitue par des organismes antagonistes. I. La lutte contre *Botrytis cinerea*). *Ann. appl. Biol.*, 38, 203-216, 1951.

L'auteur a étudié en culture pure sur milieu gélosé à l'extrait de Laitue, l'action antagoniste de nombreux champignons, bactéries et actinomycètes. Beaucoup ont été antagonistes à 25°C, quelques-uns à 15°C et un nombre limité à 5°C. Certains de ces organismes ont été capables de combattre la pourriture des feuilles de Laitue détachées quand on les a inoculés avant ou en

même temps que le *B. cinerea*. Ce dernier est incapable de pénétrer dans les tissus morts colonisés par des antagonistes sélectionnés. La maladie a été substantiellement combattue en pulvérisant des jeunes plants de Laitues avec une suspension d'antagonistes sélectionnés dans une solution de glucose à 1 p. 100. La pratique de cette méthode de lutte est discutée.

H. D.

WOOD (R. K. S.). — **The control of diseases of lettuce by the use of antagonistic organisms. II. The control of Rhizoctonia solani** KUHN. (La lutte contre des maladies de la Laitue par des organismes antagonistes. II. La lutte contre *Rhizoctonia Solani*). *Ann. appl. Biol.*, 38, 217-230, 1951.

De nombreux champignons, actinomycètes et bactéries, se sont montrés antagonistes du *Rhizoctonia solani*, en culture pure sur milieu gélosé à l'extrait de sol, surtout à 25°C. Quelques-uns ont été actifs à 15°C et un nombre limité à 5°C.

En serre la fonte des semis de la Laitue a été substantiellement combattue par des antagonistes sélectionnés sur sable stérile, sur sol et dans un mélange de sable et de terre. Dans des conditions similaires en sol non stérile, les formes hautement antagonistes en culture pure ont été généralement inefficaces pour combattre la maladie. Dans une expérience de bons résultats ont été obtenus en sol naturel par l'utilisation d'amendements du sol, l'effet étant augmenté par l'inoculation d'un de ces amendements avec des suspensions d'antagonistes.

Des essais de lutte dans le champ avec des amendements du sol ont été effectués. Une amélioration de l'état sanitaire des plantules a été obtenue avec certains traitements.

H. D.

WRIGHT (J. M.). — **Phytotoxic effects of some antibiotics.** (Effets phytotoxiques de quelques antibiotiques). *Ann. Bot.*, 15, n° 60, 493-499, 1951.

L'auteur a étudié l'action phytocide de quelques antibiotiques sur la germination de semences de Blé, de Luzerne et de Moutarde. Chez le Blé, le pourcentage de germination n'a pas été diminué, mais le développement des racines a été réduit. Chez la Luzerne et la Moutarde, il y a eu à la fois réduction du pourcentage de germination et de la croissance des racines. Les antibiotiques les plus toxiques ont été : l'acide alternarique, la glutinosine, l'acide mycophénolique et la gliotoxine. Les moins toxiques ont été : la griséofulvine, la pénicilline et la streptomycine.

H. D.

WRIGHT (J. M.). — **Production of Gliotoxin in Unsterilized soil.** (Production de gliotoxine en sol non stérilisé). *Nature*, vol. 170, p. 673,1952.

Un sol acide non stérilisé a été additionné de trèfle desséché et inoculé avec une suspension de spores de *Trichoderma viride*. Après 4 jours à 25° le sol a été traité à l'éther et l'activité de l'extrait a été comparée à celle d'une solution de gliotoxine, sur le *Bacillus subtilis*, par la méthode du papier chromatographique. L'auteur a ainsi montré que le *Trichoderma viride* produisait de la gliotoxine dans un sol non stérilisé. La quantité a été estimée à 0,6 μ g par g de sol contenant 5 p. 100 de trèfle sec. Le trèfle sec était indispensable à la production de l'antibiotique, dans la proportion d'au moins 1 p. 100. D'autre part,

les résultats ont été négatifs avec une terre neutre de jardin. Dans ce cas la gliotoxine a sans doute été rapidement inactivée ; elle est en effet surtout stable aux pH faibles.

H. D.

DYE (D. W.). — **The effects of chemicals and antibiotic substances on Crown-gall. Part. III.** (Effets de substances chimiques et antibiotiques sur le Crown-gall. 3eee partie). *N. Z. J. Sci. and Techno.*, 33, p. 48, 1951.

Dans des essais sur *Tagetes patula* et sur de jeunes plants de Pêcher, la pénicilline brute (5 et 15 U. O. par ml) et la pénicilline commerciale (5 U. O. par ml) n'ont pas tué les galles ni retardé leur développement. A 25 p. 100 dans le méthanol, l'elgétol (dinitrocrésylate de sodium) a tué les galles du Pêcher sans nuire aux tissus sains, mais il a causé des dégâts graves sur *Tagetes patula*. L'elgetol à 2 p. 100, les solutions d'iode et l'huile de girofle, utilisés en pommade ou en badigeonnage ont tué rapidement les galles de *Tagetes*, mais, en injections, ont entraîné la mort des plantes. Le chlorure de mercure acidulé à 0,1 et 0,4 p. 100 n'a pas eu d'effet sur la croissance des galles sauf dans un traitement (badigeonnage d'une solution à 0,4 p. 100) où l'on a observé un ralentissement significatif. *In vitro*, *A. tumefaciens* a été complètement inhibé par l'elgétol, l'iode, l'huile de girofle et le chlorure de mercure, mais pas par la pénicilline.

H. D.

*Le Directeur-Gérant* : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 13-12-1954.
*Dépôt légal : 4e trimestre 1954* *N° d'impression : 476*

# YVES GENDRON
## (1922-1953)

---

Yves Gendron vient de disparaître, dans des circonstances dramatiques, au cours d'un accident de montagne.

Sorti de l'Institut National Agronomique en 1947, il entrait la même année à la station centrale de Pathologie végétale en qualité d'agent contractuel scientifique. Licencié ès-sciences en 1948, il était nommé assistant dans ce même service, l'année suivante. Il venait enfin d'être promu au grade de chargé de recherches après un brillant concours.

L'avenir de ce jeune chercheur paraissait chargé de promesses.

Après l'avoir associé, dès son entrée au laboratoire et en même temps que son camarade Cornuet, à mès travaux en cours sur les méthodes d'extraction du virus de la Mosaïque du Tabac, le mettant ainsi à même de se familiariser avec quelques techniques fondamentales, tout en poursuivant un but nettement défini de nature à soutenir son intérêt, je lui avais confié un sujet de recherches portant sur certains inhibiteurs de virus. Peu enthousiasmé au début par son sujet et même un peu rétif, il en comprit bientôt l'intérêt et eut le mérite de mettre en évidence l'action inhibitrice du lait de coco et des extraits de coprah sur la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac. Ses résultats éveillèrent l'intérêt du Pr. Thung, l'éminent virologiste de Wageningen, qui envoya à Versailles sa collaboratrice, Mlle Lucardie. Celle-ci devait montrer que les extraits des fruits de divers autres Palmiers étaient doués de propriétés analogues.

Gendron devait malheureusement interrompre une étude si bien amorcée. La possibilité d'un stage en Angleterre s'étant présentée, il avait paru plus utile de profiter de cette occasion pour lui permettre de se perfectionner en virologie au laboratoire du Dr Bawden à Rothamsted. Il entreprit là-bas, en collaboration avec le Dr Kassanis, des recherches sur les inhibiteurs contenus dans les jus de certaines plantes (*Phytolacca esculenta*, Betterave à sucre, *Datura stramonium*) et déjà étudiés par Kassanis lui-même et d'autres auteurs. Lorsqu'on extrait un jus d'une de ces plantes préalablement infectée par un virus, en vue d'inoculer un végétal d'espèce différente, on constate une neutralisation plus ou moins puissante du pouvoir infectieux. Cette neutralisation diminue lorsqu'on dilue auparavant le jus, ce qui réduit la concentration et par conséquent l'activité de l'inhibiteur.

De plus si l'inoculation est réalisée sur une plante appartenant à la même espèce que celle sur laquelle le virus a été prélevé, l'action de l'inhibiteur est considérablement atténuée, voire annulée, même dans un jus non dilué. Ceci est très important, en raison des conséquences que l'on peut en tirer quant au processus d'implantation du virus dans la cellule. On peut en outre en déduire que les listes de plantes hôtes dressées au moyen d'expériences d'inoculation mécanique sont certainement incomplètes pour beaucoup de virus, puisque les inhibiteurs peuvent empêcher le transfert sur des plantes d'espèces différentes parfois très sensibles. Ceci d'ailleurs avait déjà été mis en évidence antérieurement.

Simultanément et sous la direction personnelle du Dr BAWDEN, GENDRON étudiait, en outre, les modalités de la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac chez le Tabac. Les inoculations étaient réalisées avec des solutions de virus purifié utilisées à des concentrations précises s'étageant de 5 g par litre à 0,05 g par litre. L'établissement de l'infection était suivi par la méthode sérologique. On constatait, après l'inoculation, un remaniement et une transformation des particules de l'inoculum en éléments beaucoup plus courts répondant à l'action des anticorps par la formation de précipités granuleux et denses caractéristiques des virus sphériques (les particules normales sont des bâtonnets très allongés fournissant des précipités floconneux). Ce matériel aberrant est absorbé par les éléments spécifiques de la cellule vivante : c'est la période latente. Celle-ci dure 24 heures environ. On observe ensuite la multiplication exponentielle du virus dont les particules redeviennent normales. Un palier est finalement atteint et ceci d'autant plus rapidement que l'inoculum est plus concentré.

Dans un autre ordre d'idées, GENDRON avait collaboré activement à mes recherches sur les propriétés sérologiques du virus de la Jaunisse de la Betterave. Il avait notamment montré qu'une dilution convenable des sérums pouvait éliminer l'interférence des protéines normales, sans nuire à l'intensité de la précipitation du virus (à condition bien entendu que la concentration en anticorps du sérum brut fût suffisamment élevée). La répartition du virus dans les Betteraves infectées fut également examinée par la méthode sérologique, ce qui permit de mettre en évidence une concentration très élevée dans les parties jeunes des hampes florales sur des porte-graines en voie de croissance active. Ces régions étant abondamment colonisées par les pucerons, on s'expliquait mieux le pouvoir infectieux considérable atteint par ces insectes lorsqu'ils se nourrissent sur des porte-graines atteints de Jaunisse. Il se confirmait au contraire, conformément aux données antérieures établies par d'autres techniques, que le virus n'était décelable que sur des feuilles âgées chez les Betteraves racines.

Enfin, au cours d'un stage chez le Pr FROMAGEOT, GENDRON venait d'entreprendre l'étude du métabolisme des plantes atteintes de maladies à virus. Jusqu'à présent l'attention des virologistes s'est surtout portée vers l'examen des grosses molécules protéiques anormales. L'étude des constituants azotés de moindres dimensions : petites protéines, peptides et amino-acides libres, méritait d'être entreprise. La multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac, par exemple, ne sera bien comprise que lorsque l'on pourra la situer à sa place exacte dans le cadre du métabolisme général des protéines et préciser les modifications d'ensemble subies par celui-ci dans la cellule infectée. Or plusieurs techniques très récentes paraissent aujourd'hui rendre possible l'étude fructueuse de ce problème jusqu'alors bien difficile à aborder.

Ce rapide tableau des travaux de GENDRON, simples essais d'un jeune chercheur en cours de formation, suffit à montrer les espoirs qu'il était permis de fonder sur lui. Davantage porté vers l'étude des problèmes fondamentaux que vers l'application de ceux-ci à l'agronomie, ses recherches n'eussent cependant pas manqué de rendre les plus grands services à cette dernière. On peut espérer, en effet, qu'une meilleure compréhension du processus de multiplication des virus dans ses relations avec le métabolisme de la cellule vivante permettra, un jour, aux phytopathologistes de mettre au point des méthodes de lutte efficaces. Il s'agit là d'une œuvre commune à laquelle collaborent les chercheurs de tous les grands pays.

De cette œuvre GENDRON paraissait sur le point de devenir un des bons artisans. Il eût ainsi fait honneur à son pays tout en rendant d'éminents services à l'agriculture française.

P. LIMASSET.

## PUBLICATIONS

(1) LIMASSET (P.), CORNUET (P.) et GENDRON (Y.). — Titrage du virus de la mosaïque du Tabac (*Marmor tabaci* HOLMES) dans les organes aériens de Tabac infectés. *Cr. Acad. Sc.*, **228**-1888-1890, 1949.

(2) LIMASSET (P.), CORNUET (P.) et GENDRON (Y.). — Comparaison entre l'extraction du virus de la Mosaïque du Tabac par voie mécanique et sous l'action des enzymes du tube digestif de l'Escargot. *Ann. Inst. Past.*, **78**, 135-37, 1950.

(3) LIMASSET (P.), CORNUET (P.) et GENDRON (Y.). — Sur le mode d'action de certains systèmes enzymatiques utilisés pour l'extraction du virus de la Mosaïque du Tabac (*Marmor tabaci* (ORTON) HOLMES) à partir de tissus infectés. *Cr. Acad. Sc.*, **229**, 778-780, 1949.

(4) LIMASSET (P.), CORNUET (P.), GENDRON (Y.). — Comparaison entre l'extraction du virus de la Mosaïque du Tabac par voie mécanique et sous l'action de divers systèmes enzymatiques. *Ann. Epiphyties*, 1, **12**, 1950.

(5) GENDRON (Y.). — Action des produits du métabolisme d'un champignon sur la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac. *C. R. Acad. Sc.*, **230**, 1888-1890, 1950.

(6) GENDRON (Y.). — Action du lait de coco et d'un extrait de coprah sur la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac. *C. R. Acad. Sc.*, **230**, 1974-1975, 1950.
(7) GENDRON (Y.) et LIMASSET (P.). — Titrages sérologiques du virus de la Jaunisse de la Betterave (*Corium betae* HOLMES) dans les organes aériens de betteraves industrielles et de porte-graines infectés. *C. R. Acad. Sc.*, **231**, 792-793, 1950.
(8) GENDRON (Y.) et LIMASSET (P.). — Étude comparée des réactions sérologiques fournies par des jus de Betteraves saines et infectées par le virus de la Jaunisse (*Corium betae* HOLMES). *Ann. Inst. Pasteur*, **80**, 215-217, 1951.
(9) GENDRON (Y.). — Multiplication du virus de la mosaïque du Tabac dans les feuilles inoculées du Tabac (publication en préparation).
(10) GENDRON (Y.) et KASSANIS (B.). — The importance of the host species in determining the action of virus inhibitors. *Ann. appl. Biol.*, **56**-1, 183-188, 1954.
(11) MONIER (R.), GENDRON (Y.), JUTSZ (M.) et FROMAGEOT (C.). — Nouvelle détermination des acides aminés basiques du lyzozyme. *Bioch. et Bioph. Acta*, **8**, pp. 588-589, 1952.

# LE XYLÉBORE DISPARATE
## *Anisandrus dispar* F. (Coléoptère Scolytide) en France

PAR

**D. SCHVESTER**
Laboratoire de Zoologie agricole, St-Genis-Laval (Rhône)

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

## INTRODUCTION

Le Xylébore disparate, *Anisandrus dispar* FABR, 1792 est connu depuis très longtemps comme ravageur d'arbres fruitiers.

Il a déjà été étudié à plusieurs reprises et par divers auteurs, tant en France (BEAUVERIE (4), PAILLOT (15) qu'à l'étranger, en Suisse notamment, par SCHNEIDER-ORELLI (16). Cependant, plusieurs points de la

biologie, encore obscurs, méritaient d'être éclaircis. La sensibilité de l'espèce aux insecticides, dont on peut actuellement disposer devait être également recherchée. Les renseignements ainsi obtenus devaient permettre de rechercher une méthode de lutte nettement améliorée, dont le besoin se faisait de plus en plus pressant.

Rappelons que l'espèce se caractérise par un dimorphisme sexuel auquel d'ailleurs elle doit son nom.

Le mâle est plus petit et plus globuleux que la femelle. Il ne mesure guère que 2 mm alors qu'elle peut atteindre 3,5 mm. Il est par ailleurs aptère, mais pourvu de pattes plus développées que la femelle (fig. 1).

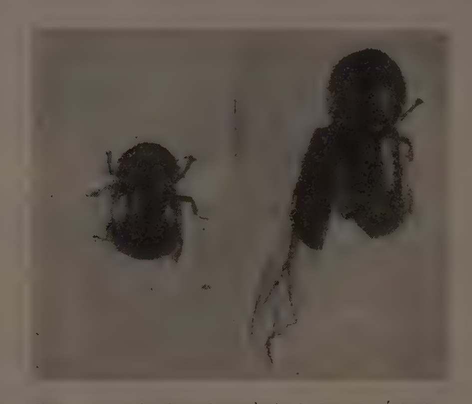


FIG. 1. — *Anisandrus dispar*. A gauche, le mâle ; à droite la femelle. Échelle 8/1 (*Cliché D. Schvestsr*).

Il est également relativement plus rare que celle-ci, et, bien que le rapport numérique des sexes puisse présenter de grandes variations d'une « colonie » à l'autre, on peut dans l'ensemble considérer qu'il est de 1 mâle pour 6 à 8 femelles.

## I. — IMPORTANCE ÉCONOMIQUE ET DISTRIBUTION DE L'ESPÈCE. DÉGATS

Si l'on voulait chiffrer l'importance économique du Xylébore, on verrait, les exemples ci-dessous à l'appui, que les infestations peuvent être parfois très graves surtout si l'on tient compte que, dans le total des pertes, interviennent non seulement la valeur de remplacement des sujets détruits ou endommagés, mais encore d'autres éléments, tels que frais de culture supplémentaires, manque à gagner sur la récolte durant plusieurs années, etc...

Parmi les vergers attaqués que nous avons examinés, voici quelques exemples choisis parmi les plus significatifs :

*a*) CHARLY (Rhône) 1948. Poiriers : 97 arbres attaqués sur 276 soit plus de 30 p. 100.

*b*) BRANGES (Saône-et-Loire) 1949. Pommiers en cordons. 110 attaqués sur 382 soit 28 p. 100.

*c*) VEAUCHE (Loire) 1949. Pommiers. 305 détruits sur 3.000 soit 10 p. 100.

*d*) TARBES (Htes Pyr.) 1951. Pommiers. 220 arbres détruits en 2 ans sur 800 soit 27 p. 100.

*e*) THURINS (Rhône) 1952. Pommiers. 250 arbres attaqués sur 1850 soit 13 p. 100.

*f*) SAINT-GENIS LAVAL (Rhône) 1953. Jeunes abricotiers. 28 sur 120 attaqués soit plus de 20 p. 100.

On comprend que de telles attaques, si elles ne sont pas jugulées, d'une façon ou d'une autre, et même si elles ne détruisent pas immédiatement tous les sujets infestés, risquent cependant de prendre d'une année à l'autre, des proportions grandissantes, jusqu'à devenir extrêmement graves.

## 1° Nature des dégâts sur le végétal.

Chaque femelle creuse un système de galeries plus ou moins complexe, de diamètre uniforme (1,5 à 2 mm) et qui s'enfonce parfois profondément dans le bois de l'organe attaqué.

Ces systèmes commencent par un couloir, dit parfois « de pénétration » s'enfonçant dans l'aubier, normalement à la direction générale des fibres de bois, l'orifice d'entrée se situant quant à lui, souvent à l'aisselle d'une branche, d'une coursonne, d'un rameau. A une certaine profondeur (quelques mm à 2 cm environ) se produit en général une bifurcation et la galerie affecte l'allure d'un anneau concentrique aux couches annuelles de bois dans le plan perpendiculaire à la direction générale de l'organe parasité ; de cette galerie annulaire partent enfin, dirigés verticalement et indifféremment vers le haut ou vers le bas, un nombre variable de couloirs dits « de ponte » qui peuvent atteindre plusieurs cm de long (fig. 2).

Les larves, contrairement à ce qui se passe chez beaucoup d'autres Scolytides ne participent chez cette espèce en aucune façon au creusement du système, qui est l'œuvre de la femelle-mère seule. En effet, ces larves ne sont pas xylophages à proprement parler, car elles se nourrissent d'un mycélium blanchâtre, qui croît sur la parois des galeries (fig. 3), jusqu'à en oblitérer parfois presque complètement la lumière. Les recherches de NEGER, puis de SCHNEIDER-ORELLI ont démontré que ce mycélium, appelé *Ambrosia* par d'anciens auteurs puis *Monilia candida* par HARTIG, a été ensemencé par la femelle-mère. Nous ne reviendrons

donc pas sur ce mode de nutrition particulier. Ultérieurement, après la nymphose des larves, le champignon ayant à peu près totalement disparu, les parois des galeries présentent un aspect brun noirâtre caractéristique, conséquence de l'altération des tissus ligneux.

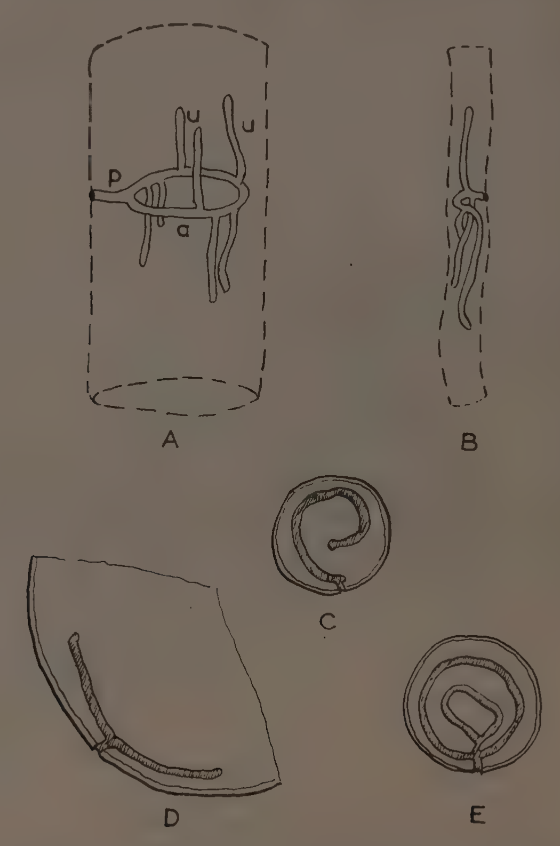



Fig. 2. — A. Schéma du système de galeries typique de *A. dispar*.
o, orifice d'entrée ; p, galerie « de pénétration » ; a, galerie horizontale annulaire ; u, galeries « de ponte ».
B. Schéma du système de galeries dans une branche de faible diamètre.
C, D et E. Quelques modifications possibles à la galerie horizontale (vues en plan).

Il existe toutefois de nombreuses variantes au « schéma-type » du système de galeries tel que nous venons de le décrire. La galerie annulaire peut par exemple n'être pas complètement fermée et se développer plutôt en spirale ; il peut aussi y avoir deux galeries annulaires grossièrement concentriques. Sur les branches de fort diamètre, 8-10 cm ou davantage, elle est en général incomplète et se réduit à un arc plus ou moins développé. Enfin, sur les organes de petit diamètre, 1 ou 2 cm, l'ensemble du

système se réduit souvent à une seule galerie plus ou moins spiralée et ramifiée. Néanmoins, l'aspect général des galeries est toujours suffisamment caractéristique pour qu'on puisse, au premier coup d'œil, diagnostiquer un dégât de Xylébore.

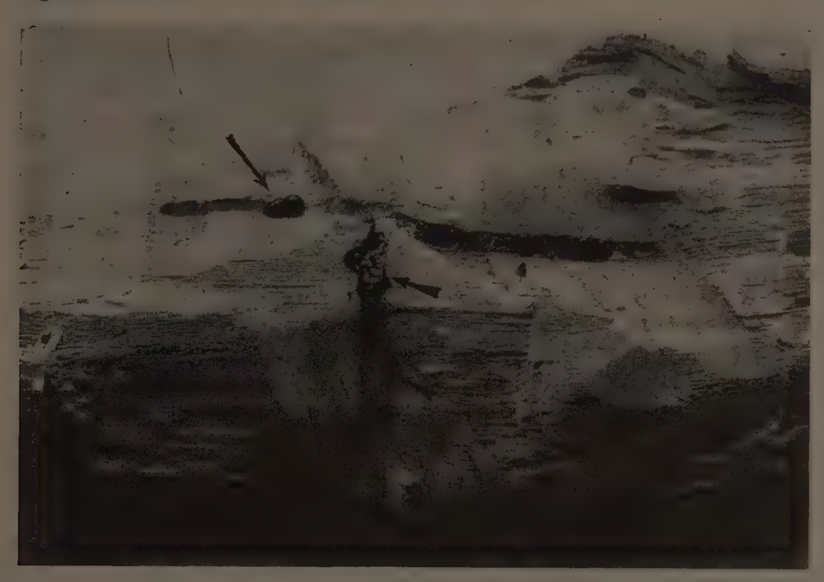


FIG. 3. — *Anisandrus dispar* dans sa galerie. On distingue le mycélium qui sert de nourriture aux larves, et, indiqués par des flèches, une jeune larve, un amas d'œufs et la femelle-mère (*Cliché Station de Zoologie Agricole du Sud-Ouest. Op.* P. RAMADIER). Ech. 2/1.

## 2° Principales essences attaquées.

Le Xylébore est capable de nidifier sur la presque totalité de nos feuillus et même sur certains conifères ; ceux-ci cependant ne paraissent constituer pour lui qu'un habitat tout à fait occasionnel. Il a même été signalé sur Vigne en Bulgarie (11), sur Groseillier en Finlande (23) et sur Noisetier en Turquie (9).

Plusieurs listes de végétaux susceptibles d'être infestés ont déjà été données par divers auteurs : TREDL (22), BARBEY (3), BALACHOWSKI (1), etc... Personnellement, nous avons observé le Xylébore sur Pommier, Poirier, Pêcher, Prunier, Cerisier, Abricotier, Châtaignier, Sophora, Saule, Platane et même sur certaines Spirées arbustives ornementales telles que *Spiraea assurgens* et *S. douglasi*.

En faisant la synthèse des diverses listes de végétaux attaqués déjà publiées, et de nos propres observations, on arrive à la liste suivante, pour laquelle nous nous sommes d'ailleurs borné à énoncer les genres au nombre de 45.

*Abies* (¹), *Acacia* (¹), *Acer*, *Aesculus*, *Alnus*, *Amygdalus*, *Armeniaca*, *Betula*, *Carpinus*, *Castanea*, *Cedrus*, *Cerasus*, *Corylus*, *Crataegus*, *Cydonia*, *Diervilla* (¹), *Fagus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Liriodendron* (¹), *Malus*, *Mespilus*, *Persica*, *Pinus*, *Pirus*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Punica* (¹), *Quercus*, *Rhamnus*, *Ribes*, *Robinia*, *Rosa*, *Salix*, *Sambucus*, *Sophora*, *Sorbus*, *Spiraea*, *Syringa*, *Thuya*, *Tilia*, *Tsuga*, *Ulmus*, *Vitis*.

Le manque de spécificité est donc considérable, et la liste des hôtes, au moins occasionnels ne paraît pas devoir être close.

Cette extrême polyphagie (terme d'ailleurs quelque peu impropre étant donné le régime alimentaire particulier des larves) constitue par elle-même un danger. Un grand nombre d'espèces végétales sont ainsi capables de jouer le rôle de « réserve » de parasite, et leur voisinage constitue une menace pour des vergers, alors même que l'infestation pourrait en ce qui les concerne être considérée comme relativement anodine, dans le cas de grands arbres par exemple ou d'espèces sans utilité économique.

De fait, nous avons souvent constaté l'existence de bois, de forêts, de bosquets, au voisinage de vergers envahis, et par deux fois nous avons pu situer le point de départ de l'infestation dans des Châtaigniers, à proximité de plantations récentes (VEAUCHE, Loire 1950 et BOURS, Htes Pyr. 1952).

### 3° Distribution en France. Zones de nuisibilité.

Espèce Européenne, le Xylébore disparate est très répandu en France où il sévit de façon à peu près permanente en diverses régions.

BALACHOWSKI le signale du Roussillon, du Vaucluse, du Lot.

Nous l'avons rencontré au cours de nos études, dans le Lyonnais, en Savoie, dans le Jura, en Bresse, en Lorraine, en Béarn et en Bigorre, etc...

D'après certaines enquêtes, il serait signalé un peu partout au sud de la Loire, notamment dans la Vallée de la Garonne, l'Agenais. Les principales zones de nuisibilité coïncident évidemment avec les grandes régions de production fruitière où les attaques de Xylébore peuvent se développer.

## II. — BIOLOGIE

### 1° OBSERVATIONS ET ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LE CYCLE ÉVOLUTIF

Lorsque fut entreprise notre étude sur le Xylébore, se posait une importante question, qui conditionnait pour une large part, les méthodes de lutte à appliquer.

(¹) Ces genres ont été relevés dans des publications Nord-Américaines et concernent plutôt *Anisandrus pyri*, espèce voisine de *dispar*, longtemps tenue pour synonyme de ce dernier et confondue avec lui ; mais il constituerait une espèce distincte, *dispar* n'existant pas en Amérique du Nord (BALACHOWSKI). Nous avons cependant cru utile de mentionner ces végétaux, car *A. pyri* commet sensiblement les mêmes dégâts aux vergers américains que *A. dispar* en Europe.

En effet, les divers auteurs n'étaient pas d'accord sur le nombre annuel de générations de l'espèce. Bien que dès 1913, SCHNEIDER-ORELLI ait démontré, preuves à l'appui, que le Xylébore ne se reproduisait qu'à raison d'une seule génération par an, un certain nombre d'entomologistes admettaient encore comme probable l'existence de deux générations-notamment dans des régions plus méridionales que la Suisse, où SCHNEIDER-ORELLI avait effectué ses recherches. De ces deux générations, la première aurait pris son essor vers fin mars, début avril, la seconde à partir du mois d'août (PAILLOT, BARBEY, etc...).

Nous avons donc repris l'étude de cette question. Nos premières observations faites dans la vallée du Rhône et la région Lyonnaise nous avaient amené à conclure que le Xylébore n'y présentait qu'une seule génération par an. Elles furent par la suite recoupées et complétées par d'autres renseignements et d'autres études faites en d'autres régions (Jura, Lorraine, Sud-Ouest, etc...).

Certaines de nos méthodes de travail nous ont été inspirées par la lecture de l'ouvrage de SCHNEIDER-ORELLI et confirment d'ailleurs les résultats par lui obtenus. Et l'on verra par ailleurs que les conclusions des divers ordres d'expériences et d'observations se confirment et se complètent au besoin les unes les autres et que tout tend à démontrer l'existence d'une génération unique dans l'année.

### *a*) Observations dans les foyers de Xylébore.

Des visites nombreuses, systématiquement effectuées dans les vergers infestés de la vallée du Rhône durant trois années consécutives, 1947, 1948 et 1949 n'ont jamais permis de déceler nulle part d'attaques pouvant être attribuées à une deuxième génération sortie en août. D'une façon générale, les attaques dans cette région s'échelonnent entre la mi-mars au plus tôt et la fin mai au plus tard. Au mois d'août, et postérieurement, il n'a jamais été possible de déceler d'attaques fraîches, alors qu'elles n'échappent pas à un examen minutieux au printemps, bien qu'étant parfois assez difficiles à repérer. Les observations que nous avons faites en d'autres régions et les années suivantes, bien que plus fragmentaires et moins suivies, ont toujours confirmé ces faits malgré les différences climatiques pouvant exister selon les années ou les lieux.

### *b*) Analyse du peuplement des galeries.

Comme confirmation des observations ci-dessus, nous avons pu constater qu'en règle générale, tous les échantillons de branches parasitées recueillis à partir de fin juillet-août, quelle que soit leur provenance, ne renferment plus que des imagos, alors qu'on devrait au moins à partir d'une certaine date, pouvoir y trouver des œufs, des larves ou des nymphes,

si une deuxième génération prenait naissance à l'époque indiquée. Chaque année, en 1947, 1948 et 1949, nous avons ainsi analysé la population de près de 100 systèmes de galeries, à des dates échelonnées de 10 en 10 jours environ, entre le 1er août et le 1er octobre, période correspondant au développement de cette deuxième génération supposée. On n'observe pas non plus de développement du mycélium, qui indiquerait qu'il s'agit de galeries fraîchement forées. Là encore, ces faits furent corroborés par les observations, toutefois moins systématiques des années suivantes.

En fait, il arrive que l'on puisse trouver même à des dates relativement tardives, quelques larves très peu nombreuses ou quelques nymphes, toujours accompagnées d'ailleurs de jeunes imagos. L'exemple le plus typique que nous ayions à ce sujet est le suivant : A la date du 4 août, en 1948 nous avons trouvé dans un échantillon de Pommier, en provenance de La Tour de Salvagny (Rhône) deux systèmes de galeries renfermant respectivement :

10 femelles adultes,
2 mâles adultes,
1 larve.

et :

11 femelles adultes,
5 mâles adultes,
3 nymphes femelles,
3 nymphes mâles,
4 larves.

De tels faits se produisent assez souvent, mais nous nous bornons à citer cet exemple car la date en est la plus tardive à laquelle nous ayions pu faire une observation de cet ordre.

La présence de ces quelques larves, par ailleurs de petite taille et, selon toute apparence anormalement développées, s'explique aisément si l'on pense que la ponte d'une femelle de Xylébore peut s'échelonner sur trois semaines et davantage et que de ce fait, les dernières nées d'une colonie donnée ne trouvent pas toujours une quantité de nourriture suffisante pour assurer leur complet développement, le mycélium ayant déjà été à peu près totalement dévoré par leurs aînées. La coexistence, dans le même système de galeries, de ces larves avec des imagos dont la dissection nous avait par ailleurs démontré qu'ils étaient immatures, prouve qu'elles sont issues de la même génération que ces imagos. Elles sont condamnées à périr d'inanition, mais sont cependant capables d'une survie assez prolongée (nous avons pu conserver *in vitro* des larves inanitiées pendant six semaines) ce qui explique leur présence à une époque relativement si tardive, ceci d'autant que cette année-là, dans le foyer où avait été prélevé l'échantillon en question, nous n'avions observé les pre-

mières attaques de Xylébore que vers la fin avril, sans doute en raison des conditions climatiques. L'existence possible de telles larves « retardataires » est d'ailleurs signalée par SCHNEIDER-ORELLI, nous ne faisons que confirmer l'explication qu'il avait déjà donnée de leur présence, et il voit là une des raisons pour lesquelles on a parfois attribué deux générations par an à *Anisandrus dispar*.

*c*) **Étude des organes reproducteurs des femelles.**

En même temps que nous procédions à l'analyse du peuplement des galeries, nous avons durant les années 1947, 1948 et 1949 effectué des dissections systématiques à dates échelonnées, de femelles, depuis l'apparition des premiers jeunes imagos, jusqu'à une date assez avancée dans l'arrière-saison. L'échelonnement de ces dissections était d'environ 8 à 10 jours. Le nombre de femelles disséquées était en moyenne d'une vingtaine chaque fois et, dans la mesure du possible, les lots d'insectes furent prélevés dans des échantillons d'origine différente.

Or, il n'a jamais pu être mis en évidence chez aucune des femelles ainsi disséquées, de développement ou de maturation des ovaires, tandis que l'on peut aisément constater un début de développement au printemps, chez des femelles n'ayant pas encore quitté leur galerie natale et à plus forte raison chez celles qui ont commencé leur forage et se sont déjà nourries.

Ces dissections ont en outre permis de constater que ces femelles en été, ne se nourrissaient pas ; leur tube digestif est en effet constamment vide, alors que les femelles qui ont commencé leur galerie au printemps, se nourrissent d'une partie du bois qu'elles forent et que leur tube digestif est rempli de matières. D'autre part, la musculature thoracique des femelles disséquées en été est très peu développée, alors qu'elle acquiert un développement très important à partir de la fin de l'hiver (dès fin janvier) chez les femelles ayant hiverné. Par contre, le corps adipeux, très abondant chez les femelles examinées en été, se résorbe progressivement : beaucoup moins important en fin d'hiver, il s'amenuise de plus en plus à mesure que la ponte progresse.

*d*) **Observations et élevages de laboratoire.**

Dès 1947, nous avons prélevé dans la nature des échantillons parasités par le Xylébore afin, en laboratoire d'observer le rythme des sorties. On constate qu'aucune sortie ne s'effectue durant l'été, des branches attaquées au printemps. Certains de ces échantillons furent d'ailleurs ouverts et examinés à dates échelonnées, et la présence de femelles y fut toujours constatée. Ces femelles, au nombre total de 50, furent chaque fois disséquées, et aucune ne présenta de développement de ses ovaires, ce qui est une confirmation des observations précédentes.

Ce n'est qu'à partir de la fin janvier que, dans les conditions ambiantes du laboratoire (20°C environ) que les insectes sortirent spontanément des échantillons qui nous restaient ; le rythme des sorties fut alors le suivant :

| | Échantillons n° 1 | | Échantillon n° 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | femelles | mâles | femelles | mâles |
| 16.1.48 | 2 | 1 | | |
| 24.1 | | | | 2 |
| 27.1 | | 3 | | |
| 28.1 | | 4 | 4 | 4 |
| 29.1 | 2 | | 4 | |
| 30.1 | | | 12 | 2 |
| 31.1 | 14 | 1 | | |
| 1.2 | 3 | | 3 | |
| 4.2 | | | 8 | 1 |
| 11.2 | 3 | | 4 | |
| 20.2 | 5 | | | |
| total | 29 | 9 | 35 | 9 |

Les ovaires de ces femelles qui furent disséquées à mesure qu'elles apparaissaient, semblaient présenter un début de maturation, caractérisé par l'individualisation chez la plupart d'entre elles, de un ou deux ovocytes dans les gaines ovariques. On constate par ailleurs un développement de la musculature thoracique très important.

Ces observations, reprises en 1948-1949 ont donné des résultats analogues.

En même temps qu'étaient mis en observation ces échantillons, nous avons tenté l'élevage de femelles extraites au cours du même été, de leurs galeries natales.

Successivement les 4, 15 et 21 juillet, les 4, 13 et 23 août, les 2 et 12 septembre, des lots de 35 à 40 femelles et quelques mâles furent mis en présence, dans des cages d'élevage de branches fraîchement coupées de fruitiers divers : Pommier, Poirier, Abricotier dont l'extrémité inférieure était mise à tremper dans de l'eau.

La mortalité des insectes est très rapide et atteint 100 p. 100 en une quinzaine de jours. Quelques-unes seulement des femelles se bornent à procéder à quelques forages, ressemblant plus à des forages « d'exploration » qu'à des galeries normales, et qui se font de préférence sur les tranches de coupe de la branche, voire dans le bois de la cage. En tout cas, ce travail était arrêté au bout de trois ou quatre jours et ne se poursuivait pas, même si la femelle restait vivante. On peut constater également à la dissection que ces femelles ne se nourrissent pas, leur tube digestif étant constamment vide de matières.

D'autres individus se réfugient dans les cavités, les anfractuosités et n'en bougent plus, phénomènes qu'il faut sans doute considérer comme des manifestations du phototropisme négatif auquel ils sont sujets à cette époque-là.

Ces expériences d'élevage furent ultérieurement reprises, en mettant en œuvre cette fois un dispositif déjà décrit dans une précédente note (21) et consistant à mettre le tronçon de branche à attaquer dans un manchon de verre colmaté aux deux bouts par du coton cardé, les deux extrémités de la branche dépassant, et l'inférieure étant mise à tremper dans l'eau (fig. 4). Un certain nombre des insectes ainsi mis en élevage va bien se

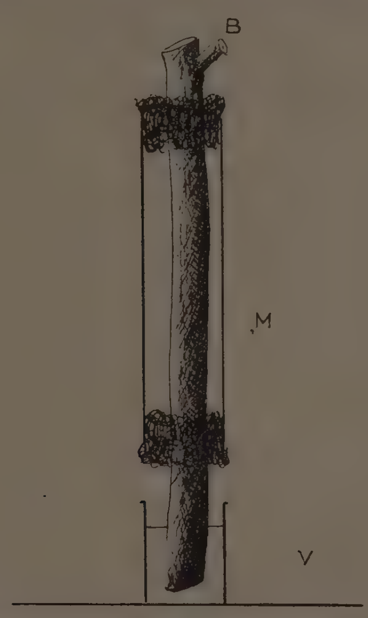



Fig. 4. — Schéma du dispositif utilisé pour les expériences d'élevage : B, branche fraîchement coupée ; M. manchon de verres obturé aux deux bouts par du coton cardé ; V, Vase rempli d'eau.

perdre dans les tampons de coton, mais des attaques peuvent cependant se produire et l'observation continue reste aisée. L'ensemble du dispositif est placé à l'étuve à la température voulue (nous avons opéré à 25° environ).

A titre d'exemple, voici quelques-uns des résultats obtenus par cette méthode. Chaque série comporte en général trois tronçons de branche agencés comme ci-dessus, en présence de chacun desquels on a mis 10 à 15 femelles de Xylébore et 3 à 5 mâles venant d'être sortis de leur galerie.

*a*) **Série mise en élevage sur pommier le 19 février 1951.** — Les forages débutent immédiatement.

Dès le 6 mars, la dissection de 6 des femelles révèle que leurs ovaires se développent, particulièrement chez trois d'entre elles qui présentent

déjà de gros ovocytes, et même chez l'une un œuf prêt à être pondu. Les galeries atteignent déjà un développement total de plusieurs centimètres.

Le 21 mars dans six autres systèmes de galeries de la même série, on note la présence d'œufs et de jeunes larves.

*b*) **Série mise en élevage sur pommier, le 26 février.** — Le 20 avril, l'analyse du peuplement de trois des galeries donne un total dé :

1 imago femelle venant d'éclore,
4 imagos mâles,
5 nymphes femelles,
12 nymphes mâles,
10 larves.

*c*) **Série mise en élevage sur abricotier le 7 mars.** — A la date du 30 avril, on trouve dans un système, 12 jeunes femelles et 4 jeunes mâles, tous parfaitement développés et déjà entièrement mélanisés. Dans un autre, 19 femelles et 5 mâles.

*d*) **Série mise en élevage sur poirier le 21 mars.** — Dès le 31 on note la présence d'œufs dans les trois systèmes de galeries qui furent examinés.

*e*) **Série mise en élevage sur hêtre le 4 avril.** — A la date du 20 avril, on note la présence d'œufs dans deux galeries et dans une troisième, la présence d'une femelle prête à pondre.

Dans tous ces essais, le début du forage est pratiquement immédiat, mais, contrairement à ce qui se passe pour les précédents, le creusement des galeries se prolonge jusqu'à constituer des systèmes typiques. Toutes les femelles pondeuses qui furent disséquées, présentent un tube digestif rempli de matières.

Notons tout de suite que le « rendement » de ces élevages est assez médiocre, en raison d'abord du nombre de femelles qui vont se perdre dans les tampons de cotons, ainsi que nous l'avons déjà dit, et aussi en raison des taux de multiplication relativement faibles que l'on obtient généralement dans les conditions où nous avons opéré. Aussi ces expériences doivent-elles surtout être considérées comme ayant une valeur démonstrative et non pas comme la mise au point d'un véritable procédé d'élevage et d'obtention en Laboratoire, de Xylébore en grand nombre.

La même année, au cours de l'été, avec des insectes provenant de ces mêmes élevages, nous avons tenté d'obtenir dans les mêmes conditions, une deuxième génération, sans attendre le printemps suivant.

*a*) Le 30 avril, fut tentée une série de trois essais comprenant chacun 10 femelles et 3 mâles issus de l'élevage série (c) ci-dessus.

Les femelles commencent immédiatement un forage, mais s'arrêtent au bout de trois ou quatre jours. A la date du 21 mai, il n'en reste plus que 3 vivantes. Leur dissection révèle que leurs ovaires ne se sont pas développés et que leur tube digestif est vide.

*b*) Le 2 juin, une nouvelle série de deux essais fut tentée avec des insectes issus d'élevages commencés sur Pommier le 4 mars (série non mentionnée ci-dessus).

Là encore, les forages sont immédiats, mais les femelles suspendent ce travail au bout de trois ou quatre jours. Elles sont toutes mortes au bout de 5 semaines.

*c*) Le 3 août trois essais sont tentés avec des insectes provenant d'un élevage sur Poirier, non mentionné ci-dessus, commencé le 6 avril.

A la date du 23 août, après un début de creusement, comme dans les deux séries précédentes, arrêté au bout de quelques jours, il reste 7 femelles vivantes sur 32 ; leurs ovaires ne sont pas développés, leur tube digestif est vide.

*d*) Le 12 août enfin, deux essais de 10 et 11 femelles tentés avec la même souche, donnent des résultats comparables.

A la même époque, furent effectués d'autres essais, toujours dans les mêmes conditions, essais portant en tout sur une centaine de femelles, mais prélevées, celles-ci, directement dans la nature à partir de fin juillet. Comme précédemment, dans ces tentatives d'élevage, échelonnées de fin juillet à fin septembre, aucune femelle ne procéda au forage d'un système de galeries normal et aucune de celles qui furent disséquées ne montre de développement d'ovaires.

Par contre, à partir de cette même souche prélevée dans la nature, nous avons procédé en fin d'hiver et dès la fin janvier 1952, à de nouvelles expériences. Ces essais, au nombre de 8, portant sur une dizaine de femelles, effectués tant sur Poirier que sur Pommier, nous ont donné des résultats tout à fait analogues à ceux qui avaient été obtenus le printemps précédent : Forage pratiquement immédiat et se prolongeant en galeries typiques, développement des ovaires, nutrition chez la femelle-mère et pontes. Ces essais nous ont permis de constater en outre que des résultats peuvent être obtenus de façon relativement très précoce, puisque nous avons eu, d'une série mise en élevage le 25 janvier, un certain nombre de jeunes imagos fin mars, c'est-à-dire à une date où les sorties dans la nature commencent seulement.

Il ne nous restait malheureusement à cette époque, que très peu d'insectes provenant de nos élevages au printemps précédent, la plupart

ayant été utilisés pour les expériences dont il a été rendu compte. Cependant, sur un total de 18 femelles et 4 mâles mis en élevage au début de février, sur Poirier, nous avons observé que 5 des femelles donnèrent une descendance.

En définitive, nous avons eu les résultats suivants, et, compte tenu des « pertes » en insectes dont nous avons parlé plus haut, on peut les considérer comme probants.

1. Au printemps 1951, sur un total d'environ 150 femelles mises en élevage, 61 ont foré une galerie normale. Toutes celles-ci ont donné une descendance, à l'exception bien entendu de celles qui, disséquées pour les besoins de l'observation, n'avaient pas eu le temps de pondre, mais qui présentaient alors des ovaires, en voie de maturation.

2. En été de la même année, sur un total d'environ 100 femelles provenant de ces premiers élevages et mises à leur tour en expérience dans les mêmes conditions, aucune ne procède à un forage de ponte ; aucune de celles qui furent disséquées ne présente de maturation des ovaires.

A la même époque, sur une centaine de femelles prélevées dans la nature, et mises à élever, on fait des observations du même ordre. Ces dernières expériences confirment encore les résultats négatifs des élevages tentés en 1947.

3. A la fin de l'hiver 1951-52, sur un total d'environ 80 femelles provenant de la même souche naturelle que ci-dessus 33 procèdent à un forage normal avec nutrition et maturation de leurs ovaires, tandis que sur 18 femelles restant des élevages de l'année précédente 5 donnent également naissance à une descendance.

Les observations dans la nature, pas plus que l'analyse du peuplement des galeries, n'ont pu mettre en évidence l'existence d'attaques, de pontes ou de larves à l'époque où l'on devrait normalement pouvoir en trouver, si une deuxième génération prenait naissance à partir d'août, époque que l'on pourrait situer, d'après les renseignements obtenus sur la génération de printemps, à peu près entre le 15 août et le 30 septembre.

L'examen des ovaires des femelles, au cours de cette même période, confirme ces données.

Enfin les élevages ont montré qu'il ne paraissait même pas possible d'obtenir expérimentalement deux générations immédiatement consécutives, et qu'il doit s'écouler un long délai (plusieurs mois) entre l'éclosion des jeunes imagos et le moment où ils sont capables de pondre. Tout démontre donc que *Anisandrus dispar* ne donne pas naissance à partir du mois d'août à une nouvelle génération ; il n'en existe donc qu'une seule dans l'année, celle qui prend naissance au printemps.

## 2° LA DIAPAUSE

Nous avons déjà émis dans une précédente note (21) l'opinion que le fait, pour le Xylébore de ne pouvoir donner naissance, sans une assez longue interruption, à deux générations consécutives, alors même que le stade imaginal est atteint et que les conditions sembleraient y être favorables, pouvait être dû à l'existence, chez l'espèce, d'une diapause « vraie » obligatoire, indépendante des conditions climatiques.

D'autre part, nous avons vu que l'on peut obtenir en laboratoire des élevages féconds, après l'hiver, mais à des dates bien plus précoces que celles où ont lieu les sorties dans la nature, puisque les insectes mis à élever en fin janvier avaient procédé à un forage normal suivi de pontes, alors que les premières sorties ne se situent, dans la nature que vers fin mars. Cette date de fin janvier coïncide d'ailleurs sensiblement avec celle des sorties spontanées d'insectes observées au laboratoire, mais il n'est pas impossible *a priori* que l'on puisse tenter avec succès des élevages à des dates quelque peu antérieures. Toujours est-il que ces faits démontrent que à cette époque, la diapause proprement dite étant terminée, l'insecte, demeuré dans les conditions naturelles reste en simple repos hivernal, en « pseudo-diapause », ne dépendant que des conditions de climat, lesquelles sont alors seules à intervenir dans la réactivation printanière des femelles dans les conditions de la nature. Cette remarque est importante, car on pourra ainsi dans une certaine mesure, situer par rapport à des repères climatiques la date des traitements à effectuer.

Nous pensons pouvoir relier à ce phénomène de diapause quelques observations sur le comportement général de l'insecte et sur les modifications anatomiques qu'il subit.

Nous remarquons en effet que durant l'été qui suit leur éclosion, les femelles réagissent négativement à la lumière ; elles se faufilent sous tous les débris, dans toutes les anfractuosités susceptibles de les en abriter, ainsi que nous avons pu le constater à l'occasion de nos expériences d'élevage. Chez les femelles après hivernage, par contre, le phototropisme paraît positif, au moins au moment des sorties.

Par ailleurs, les femelles en diapause ne se déplacent que beaucoup moins activement que celles dont la diapause est terminée. Elles sont de plus absolument incapables de voler et ne déploient pratiquement jamais leurs ailes. Après diapause au contraire, pour peu que les conditions de température soient suffisantes, elles s'envolent spontanément et très facilement. Ce dernier fait est, sans doute, en relation avec l'état de développement de la musculature thoracique des insectes en cause, observations dont nous avons parlé plus haut, ainsi qu'avec les modifications du corps adipeux.

Ces divers phénomènes présentent peut-être entre eux des rapports assez étroits, dont l'analyse mériterait une recherche plus approfondie, d'ordre histologique et physiologique par exemple, travail qui toutefois dépasse largement le cadre de cette étude. Nous avons cependant estimé qu'il n'était pas inutile de faire part ici de ces observations et des hypothèses qu'elles suggèrent.

### 3° SCHÉMA GÉNÉRAL DU CYCLE

Ceci étant, le cycle évolutif du Xylébore peut être schématisé comme suit :

Les insectes, qui ont hiverné au stade imaginal, sortent de leurs galeries aux premières chaleurs, en général vers la fin mars (cf. plus loin). *Grosso modo*, les mâles sortent un peu avant les femelles et s'en vont visiter les divers systèmes de galeries de leur végétal hôte afin de s'accoupler ; mais les accouplements peuvent aussi avoir lieu à l'extérieur. Les mâles ne tardent d'ailleurs à disparaître tandis que les femelles prennent leur essor et qu'elles commencent leurs forages dès qu'elles ont trouvé un végétal à leur convenance, non sans avoir auparavant quelque peu circulé çà et là, et creusé des amorces de galeries parfois qualifiées de forages « d'exploration ».

Nous avons vu plus haut que, au printemps, l'insecte n'est plus tributaire, pour sa réactivation, que des conditions extérieures. L'essor, et par conséquent les attaques nouvelles dépendent essentiellement de la température.

Nos observations poursuivies en 1951 dans la région lyonnaise puis en 1952 dans la région de Tarbes, et en 1953 à nouveau dans celle de Lyon, nous ont permis d'établir que les insectes commençaient à sortir de leurs galeries natales par beau temps, lorsque les maxima diurnes atteignent 20 à 22°C. Ce qui se produit vers la fin mars en général.

Ces sorties sont cependant assez échelonnées ; si, à la faveur des observations que nous avons pu faire, l'on peut admettre que cet échelonnement ne dépasse guère 8 à 10 jours pour un même foyer dans des conditions favorables, c'est-à-dire par beau temps fixe, il faut cependant noter que, en cette saison, la moindre perturbation atmosphérique se traduit par un rafraîchissement considérable de la température et qu'il s'ensuit un arrêt des sorties, qui reprennent ultérieurement lorsque les conditions redeviennent favorables. L'échelonnement se trouve donc aggravé d'autant et c'est un facteur dont il faudra tenir compte dans l'application de traitements éventuels.

Remarquons d'autre part que les conditions de température déterminant la sortie peuvent très bien ne pas se trouver réunies au même moment en tous lieux, qu'elles dépendent de l'altitude, de l'exposition du

verger, en un mot, que ce sont les conditions microclimatiques qui doivent être considérées comme déterminantes. D'où, parfois des différences considérables dans les dates des premières sorties, même en des points relativement peu éloignés. C'est ainsi par exemple que en 1949, nous avons observé les premières sorties de Xylébores dès le 12 mars à St-Jusv d'Avray (Rhône) à l'altitude de 600 m mais dans un verger en pente exposé plein Sud-Ouest, alors qu'elles n'eurent lieu que fin avril, la même année, à La Tour de Salvagny dans une plantation en coteau orientée au Nord, l'altitude de la localité ne dépassant pas 300 m.

De là également, les différences observées selon les années en un même lieu quant à la date et à la durée totale des sorties.

Quelques jours après le début du forage, on voit déjà apparaître sur les parois des galeries, sous forme d'une fine mousse blanche, un début de prolifération du mycélium qui servira de nourriture aux larves. Cependant, la femelle se nourrit d'une partie des matériaux résultant de son travail de creusement, ainsi que l'atteste le tube digestif des insectes disséqués à ce moment, lequel est alors rempli de matières.

Les premiers œufs sont pondus dix à quinze jours après le début de l'attaque, car la femelle-mère n'attend pas pour commencer à pondre, d'avoir terminé le système en entier, mais dépose des œufs au fur et à mesure que le forage se poursuit, en général par petits amas de quelques unités à l'embranchement d'une des galeries verticales.

La ponte est donc très échelonnée, et peut durer un mois au plus, si bien que l'on peut observer en même temps dans un même système, des larves déjà assez âgées et des œufs, et ultérieurement des imagos et des larves même de petite taille, explication du phénomène déjà enregistré plus haut. Ces œufs sont relativement de grosse taille, blanchâtres et légèrement translucides ; ils sont ellipsoïdaux et mesurent 0,8 à 0,9 mm dans leur grand axe et 0,4 mm dans leur petit axe. La quantité d'œufs déposés par une femelle est très variable : le maximum que nous ayions observé est de 60.

Quelques jours après l'oviposition, éclosent les larves. Elles sont alors de très petite taille mais atteignent leur plein développement en 4 à 6 semaines de vie larvaire.

Le stade nymphal dure de 10 à 15 jours. Après la nymphose, les imagos resteront dans leurs galeries natales où ils passeront en « colonies » tout le reste de l'été et l'hiver, pour ne sortir qu'au printemps suivant. Seuls les mâles se déplacent quelque peu, à l'intérieur des systèmes pour s'accoupler avec les femelles. L'accouplement peut donc se produire indifféremment aux deux époques, les mâles étant eux, matures dès l'éclosion, fait déjà constaté par Schneider-Orelli. Nous avons en effet, pu observer, *in vitro*, des accouplements dès ce moment, chez des insectes qui avaient été extraits de leurs galeries, et en examinant à partir

de la mi-août, le réceptacle séminal des femelles, nous y avons constaté la présence de spermatozoïdes.

Le cycle évolutif est un cycle à une seule génération par an. L'existence d'une diapause nous permet d'affirmer que le nombre de générations est indépendant du climat et que le cycle à génération unique doit être la règle pour l'espèce.

Ainsi qu'il ressort de nos expériences d'élevages, la durée totale du développement de l'insecte, de l'œuf à l'imago est d'environ 55 à 60 jours à 25°C. Elle est d'environ trois mois dans des conditions naturelles.

## 4° ENNEMIS NATURELS DU XYLÉBORE

Les ennemis naturels de *A. dispar* sont peu nombreux.

Comme Hyménoptères, le catalogue de Thomson ne mentionne que trois espèces : un Microgastéride, *Habrytis brevicornis* Ratz, un Cléonymide, *Perniphora robusta* Rushka et un Ichneumonide *Pseudo-pimpla anisandri* Fabr.

De notre côté, nous avons obtenu quelquefois des larves de Xylébore, plusieurs exemplaires d'un Encyrtide qui n'a pu être déterminé, mais il est vraisemblable que le Xylébore n'est qu'un hôte tout à fait accidentel pour cette espèce.

De toute façon, le parasitisme par Hyménoptères paraît très peu courant chez *A. dispar*, peut-être en raison du mode de vie des larves, difficilement accessibles aux parasites éventuels.

Nous avons précédemment décrit un Nématode parasite (18). Quelques observations que nous avons pu faire en 1951 sur ce parasite nous ont montré que contrairement à une hypothèse que nous avions alors émise, il se transmettait effectivement d'une génération à l'autre de Xylébore. Nous avons en effet trouvé des Nématodes dans la cavité générale d'un certain nombre de larves, après avoir antérieurement observé qu'une certaine proportion des femelles de la génération-mère étaient elles-mêmes infestées ; celles-ci étaient mortes des suites de cette infestation, et les jeunes Nématodes avaient probablement à leur tour infesté les larves issues de femelles indemnes. Les deux exemples sur lesquels nous avions étayé notre hypothèse n'étaient vraisemblablement que des cas particuliers, où les femelles n'avaient été que partiellement stérilisées par le parasite et où celui-ci, pour une raison quelconque, n'avait pas terminé son développement en temps voulu.

En tout cas, on peut considérer que ce Nématode n'a qu'une importance économique restreinte, étant donnée sa rareté, et les conditions précaires de sa reproduction.

Comme Coléoptères, plusieurs espèces ont été mentionnées par divers auteurs comme prédatrices, mais il s'agit en général d'espèces plus ou

moins polyphages et somme toute assez rares. Personnellement, nous n'avons, très rarement, trouvé que quelques larves de Clérides.

Sans que l'on puisse les compter au nombre des ennemis naturels, signalons que l'on trouve parfois dans les galeries de *A. dispar*, des larves de Diptères *Fungivoridae*, et aussi diverses formes d'Acariens. Cependant il faut mentionner que les larves de Xylébores seraient susceptibles d'être parasitées par un *Pediculoïdes* ; Acarien Tarsonémide (sans doute *P. scolyti* OUDM.). Sans avoir jamais observé le fait dans la nature, nous avons obtenu en effet la reproduction *in vitro* de cet Acarien obtenu de *Ruguloscolytus rugulosus* sur larves de *A. dispar*.

## III. — RAPPORTS ENTRE L'INSECTE ET LE VÉGÉTAL

### 1° Caractères généraux de l'attaque.

On conçoit que l'arrêt de sève provoqué par le creusement des galeries provoque de graves perturbations chez les végétaux attaqués par le Xylébore.

Les vergers les plus affectés sont en général ceux de culture intensive, cultivés en formes basses, ou les plantations jeunes dont les sujets, étant donnée leur charpente relativement faible sont tués beaucoup plus facilement et plus rapidement. Une attaque de 8 à 10 insectes sur un cordon de cinq ans peut y suffire.

Les formes dites « de plein vent » ne sont toutefois pas indemnes de toute attaque. Il nous est arrivé de dénombrer sur des pommiers dont le tronc atteignait déjà un diamètre de plus de 10 cm plusieurs dizaines d'orifices d'entrée par arbre. Nous en avons même une fois compté jusqu'à 125 (LA MURE-SUR-AZERGUES, 1949).

L'infestation peut être d'autant plus dangereuse qu'elle passe à ses débuts souvent inaperçue. Le sujet attaqué ayant d'abord en début de saison présenté une végétation normale, dépérit tout à coup lorsque le travail de l'insecte est trop avancé pour qu'une quelconque mesure puisse en arrêter les effets. Il arrive même que le végétal ne meure que très ultérieurement, par exemple au moment des sécheresses estivales qui lui donnent le coup de grâce, et il se peut qu'il y ait là une des raisons pour lesquelles a pu parfois s'accréditer l'opinion que le Xylébore avait deux générations par an.

Etant de taille réduite, l'animal n'est pas facilement repéré par un œil non averti, pas plus d'ailleurs que la faible quantité de moulure de bois qu'il rejette derrière lui au cours de son travail. Celle-ci peut d'ailleurs se trouver plus ou moins dispersée par les vents ou les précipitations.

Il sera sans doute cependant utile de noter que dans leur grande

majorité, les attaques se produisent sur les organes verticaux, sur le secteur orienté au Nord-Est, et sur les organes horizontaux généralement à la face inférieure, par exemple à la concavité des arcures sur les « cordons » ce qui en rend, dans ce dernier cas, le repérage, évidemment encore plus malaisé.

### 2° Sensibilité spécifique et variétale.

Toutes les espèces fruitières peuvent être attaquées, mais il s'en faut de beaucoup qu'elles le soient au même degré.

Autant du moins que l'on en puisse juger, l'insecte manifeste une préférence assez nette pour certaines essences. Nous avons par exemple constaté dans l'ensemble beaucoup plus de cas sur arbres à pépins que sur arbres à noyaux. Et nous avons déjà signalé que, d'une façon générale, le Pommier paraissait être préféré au Poirier, et l'Abricotier aux autres fruitiers à noyaux.

C'est ce qui ressort de la statistique suivante portant sur 93 vergers parasités que nous avons observés en diverses régions de France. Nous avons dénombré :

42 cas sur Pommier, totalisant environ 1.500 sujets.
18 cas sur Poirier, totalisant environ 350 sujets.
17 cas sur Abricotier, totalisant environ 250 sujets.
6 cas sur Prunier, totalisant environ 70 sujets.
5 cas sur Pêcher, totalisant environ 40 sujets.
5 cas sur Cerisier, totalisant environ 30 sujets.

Il faut cependant tenir compte dans l'interprétation de ces données, d'un fait qui peut intervenir pour les fausser, à savoir que dans certaines des régions visitées, certaines espèces ne sont que peu ou pas du tout cultivées. Cependant, bien qu'ils ne se rapportent qu'à un nombre peut-être trop faible de cas, ces chiffres paraissent assez significatifs.

D'autre part, ainsi qu'il est dit plus loin, c'est surtout sur les trois premières espèces mentionnées que l'on observe des infestations pouvant être qualifiées de « primaires ».

Enfin, notons que l'on peut trouver souvent des plantations de Pommiers fortement envahies, au voisinage de vergers de Poiriers indemnes ou très peu atteints.

Par exemple, à VEAUCHE (Loire) en 1949 nous avons observé une propriété plantée de 3 000 jeunes pommiers et autant de jeunes poiriers : 305 des premiers avaient été détruits, contre 6 poiriers seulement.

A TARBES (Htes Pyr.) en 1951 sur 800 pommiers, 220 avaient été détruits en deux ans : sur 160 poiriers dans la même plantation, aucun n'avait été touché.

Inversement, lorsque nous avons pu observer des attaques quelque peu importantes sur Poirier, il n'y avait que très peu, voire pas du tout de Pommiers dans les environs du verger envahi.

On relève de même des faits analogues pour le Pêcher et l'Abricotier : il est courant de constater que certaines plantations d'Abricotiers subissent d'assez grosses invasions, alors que les Pêcheraies voisines restent indemnes de Xylébore.

En ce qui concerne la sensibilité variétale, il paraît très difficile de donner une échelle des « préférences » de l'insecte. La multiplicité des variétés cultivées et le nombre relativement faible d'individus que nous avons observés ne peuvent permettre de fournir des chiffres significatifs. Signalons cependant une assez grande fréquence d'attaques sur « Reinette du Canada » ce qui peut d'ailleurs ne tenir qu'au fait que cette variété est à peu près partout cultivée et qu'elle constitue souvent une importante proportion des plantations. On pourrait faire aussi une observation analogue en ce qui concerne le Poirier, à propos de la variété « Williams ».

### 3° Le déterminisme des attaques.

La notion d'importance économique n'a cependant de valeur que dans la mesure où l'insecte peut être considéré comme la cause première réelle des dommages survenus, comme déterminant par lui-même la mort de l'arbre attaqué.

C'est précisément une question assez discutée. Pour beaucoup d'observateurs le Xylébore n'est qu'un parasite secondaire ne s'attaquant qu'aux arbres déjà dépérissants. Tel est par exemple l'avis de SCHNEIDER-ORELLI qui trouve toujours une cause première de dépérissement, antérieure aux attaques du Scolytide.

Il est vrai que l'on est beaucoup revenu sur cette idée, et beaucoup d'auteurs considèrent maintenant que le Xylébore peut également être un parasite d'arbres sains.

Nous avons pour notre part, examiné cette question à plusieurs reprises déjà. Nos observations poursuivies durant six ans, et qui ont amené à visiter près d'une centaine de vergers attaqués, et en diverses régions de France, nous ont permis de constater que, s'il est des cas où le Xylébore s'est montré indubitablement un parasite « de faiblesse », il en est d'autres où, malgré enquête auprès des propriétaires, examen approfondi des sujets attaqués, de leurs racines, etc... aucune autre cause au dépérissement ou à la mort, autre que l'insecte lui-même, n'a pu être décelée. Les exemples que nous avons donnés ci-dessus (p. 2) entrent dans cette dernière catégorie.

Nous avons déjà donné plusieurs arguments (17-24) à l'appui de la

thèse du parasitisme primaire, par exemple le fait que l'on puisse trouver des végétaux qui survivent de plusieurs années à une attaque de Xylébore, même relativement importante. On observe de même sur certains sujets, principalement sur Pommier et Poirier, d'abondants écoulements de sève noyant littéralement les galeries et nuisant à la prolifération du mycélium qui doit servir de nourriture aux larves (les épanchements de gommes se produisant sur essences à pépins, bien que procédant du même phénomène ne sont pourtant pas comparables, car ils se produisent même sur des arbres déjà déficients). Notons enfin que, sur Pommier et sur Poirier, on assiste souvent, l'année même de l'attaque, à un processus de cicatrisation rapide : les systèmes de galeries, alors même qu'ils peuvent être quelquefois habités, sont bouchés par une sorte de cal qui s'enfonce assez profondément, au niveau de l'orifice d'entrée provoquant la mort des hôtes du système.

D'autre part, dans un certain nombre de plantations où des essais de traitement ont été effectués, on constate que, l'année du traitement

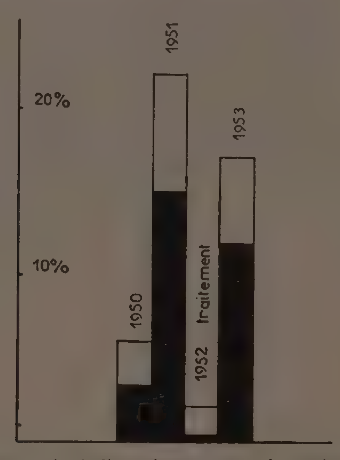



Fig. 5. – Évolution des attaques de *A. dispar* dans un verger des environs de Tarbes. Les colonnes sont de hauteur proportionnelle au pourcentage d'arbres attaqués, et leur partie noire indique la fraction de ces arbres morts des suites des attaques. Remarquer la faible intensité des attaques en 1952, où un traitement a été effectué.

il ne se produit aucune mortalité anormale de végétaux, ce qui tend à prouver que la mortalité observée les années sans traitement, est bien imputable au Xylébore (cf. par ex. plus loin, essais effectués à Tarbes et fig. 5).

L'état actuel de nos connaissances du moins, on peut donc considérer que le Xylébore s'attaque à des sujets sains et non pas seulement à des végétaux déficients. Tout au plus pourrait-on invoquer comme raison d'un certain déséquilibre physiologique du végétal, l'acidité des sols (5),

bien qu'elle ne se manifeste pas toujours sur le sujet par des symptômes apparents de dépérissement. En fait, dans la presque totalité des cas par nous observés, cette acidité était dénoncée par la présence de certaines plantes adventives telles que *Rumex acetosella*, et nous l'avons même plusieurs fois vérifiée par une analyse colorimétrique rapide.

Nous évaluons la proportion des infestations pouvant être considérées comme primaires, à plus des trois quarts pour le Pommier, et à la moitié environ pour le Poirier du total des cas par nous observés sur ces essences. Sur Abricotier, nous avons également vu des cas pouvant être considérés comme primaires et il est d'ailleurs à signaler à ce sujet que l' « Apoplexie » ou « Dépérissement » de l'Abricotier (noms actuellement donnés à un ou plusieurs facteurs de mortalité de l'Abricotier, non encore identifiés) dont on observe de nombreux cas dans la Vallée du Rhône, ne s'accompagne qu'assez rarement de dégâts de Xylébore.

En ce qui concerne les autres essences fruitières, Pêcher, Prunier, Cerisier, et pour ne nous en tenir qu'à nos propres observations, tous les cas que nous avons examinés peuvent être mis au rang de cas de parasitisme « de faiblesse ». Ils ne sont cependant que peu nombreux, peut-être à cause des préférences apparemment manifestées par l'insecte et dont nous avons rendu compte plus haut.

Nous pensons cependant que le problème du déterminisme de l'attaque n'est pas si simple, et qu'il ne se résume pas à la seule question de savoir si oui ou non, l'animal se porte seulement sur des végétaux dépérissants ou moribonds.

A TARBES par exemple, dans un verger de Pommiers, une population évaluée à 1 500-1 800 femelles s'est répartie au printemps 1951 sur 170 arbres parmi les 770 restant alors en présence. Ce fait seul (et d'autres exemples pourraient être cités) semble impliquer de la part de l'insecte, un certain « choix » en dépit du fait qu'il pouvait, ici, être considéré comme parasite primaire.

D'autre part, certains cas particuliers tendent à démontrer que l'attaque du Xylébore est déterminée par des conditions assez spéciales.

*a*) Il nous a été donné d'observer, dans la plantation expérimentale de TASSIN (Rhône) dépendant du Laboratoire, et où sont plantées un grand nombre d'espèces horticoles et ornementales, des attaques de Xylébore sur *Sophora japonica*. Cette essence, jusqu'ici, n'avait pas été signalée comme pouvant être infestée, et les organes attaqués étaient de jeunes rejets de deux ou trois ans. Mais ces attaques ne se produisirent que les années où ces pousses furent fortement endommagées par des gelées printanières tardives, c'est-à-dire en 1949, puis en 1951. Les autres années 1947, 48, 50, 52 et 53, aucune attaque n'y fut observée.

*b*) Dans la même plantation, en 1951, s'est produit un autre fait curieux, concernant trois *Platanus occidentalis* de même origine et plantés côte à côte, à deux mètres de distance l'un de l'autre. Un seul d'entre eux, et sans qu'il ait présenté préalablement de symptômes de dépérissement, ou même de différences de comportement avec les deux autres, fut l'objet d'une attaque, et particulièrement massive, puisque plus de 250 trous d'entrée furent dénombrés. Les deux autres sujets étaient absolument indemnes.

Ces faits font croire à une attraction sélective, probablement d'origine olfactive, à un chimiotropisme. Un seul des trois Platanes et pour une raison d'ailleurs inconnue s'est trouvé « attractif ». Les rejets de Sophora ne l'étant, eux, que les années ou ils ont présenté une altération des tissus ou de la sève, consécutive au gel. Il faut noter aussi que, comme il n'y avait pas de Xylébore dans la plantation, les insectes devaient provenir d'assez loin, et d'au moins 100 à 150 m, distance en ligne droite des vergers environnants les plus proches.

Nous faisons par ailleurs assez couramment, sur arbres fruitiers des observations tendant à confirmer cette hypothèse du chimiotropisme. On constate parfois dans certains cas que le bois des sujets attaqués exhale une forte odeur alcoolique, décelant une sève en fermentation par suite sans doute de l'arrêt de la circulation. Sur de tels végétaux, les attaques sont généralement assez massives (jusqu'à 30 systèmes de galeries sur un Poirier en palmette de 5 ans, et 35 sur un Prunier haute tige de même âge ont par exemple été dénombrés). Ce fait a été constaté sur Poirier en 1949, sur quelques sujets paraissant avoir été gelés à mort. Pareillement sur Pêcher à VIENNE (Isère) en 1950, l'arrêt de la sève ayant été selon toute apparence provoqué par la nécrose du liber due à un traitement aux huiles anthracéniques appliquées trop tard et à dose trop forte (12 p. 100). Nous l'avons de même observé sur Pommier sur Pêcher et sur Prunier dans le Sud-Ouest en 1951, la cause première de l'arrêt de sève paraissant être ici l'asphyxie des racines par excès d'humidité, ces arbres étant plantés en terres « battantes ». Enfin, nous l'avons aussi observé dans une plantation de la région de TARBES où dix Pommiers présentant tous ce symptôme d'altération de la sève furent seuls attaqués, le reste de la plantation soit près de 3 000 arbres restant indemne ; la cause première de l'arrêt de la sève n'a pu être dans ce dernier cas décelée avec une certitude (maladie cryptogamique?).

Ces exemples sont manifestement des cas d'attaques secondaires mais répétons que tel n'est pas toujours le cas, d'autres exemples encore plus nombreux, particulièrement sur Pommier et Poirier pouvant être donnés où le bois n'exhalait aucune odeur particulière. Il faut d'ailleurs noter que ces bois à sève en fermentation paraissent ne convenir que mé-

diocrement au développement ultérieur des colonies de Xylébore et que, particulièrement, le mycélium nutritif des larves n'y trouve en général pas un milieu favorable à sa prolifération normale.

Nous n'avons insisté sur ces exemples que parce qu'ils nous semblent démontrer que l'attaque du Xylébore est réglée par un chimiotropisme, et que là est son véritable déterminisme.

On pourrait par suite admettre, malgré ce que cette généralisation peut avoir de hasardeux, et au moins comme hypothèse de travail, que les attaques se produisant sur des végétaux selon toute apparence sains, seraient elles aussi déterminées par la présence d'une (ou de plusieurs) substance attractive dans leur sève. Celle-ci pourrait exister à l'état normal ou sub-normal chez certains sujets de certaines espèces (Pommier ou Poirier par exemple) qui cependant ne pourraient être pour autant considérés comme dépérissants.

## IV. — LA LUTTE CONTRE LE XYLÉBORE

On était, jusqu'à il y a quelques années, particulièrement désarmé contre le Xylébore, ainsi d'ailleurs que contre la plupart des insectes xylophages.

En effet, on ne peut envisager de détruire ces insectes que par des traitements préventifs, visant à détruire les adultes durant la brève période où, quittant leurs galeries natales, ils se portent sur de nouveaux végétaux afin de procéder à leur tour au forage, puis à la ponte.

On ne pouvait envisager l'utilisation des insecticides d'ingestion, les femelles, ainsi que nous l'avons vu se nourrissant seulement d'une partie des tissus végétaux résultant de leur travail, leur nourriture normale ne pouvant par conséquent pas être atteinte par ces produits.

Les qualités d'un produit destiné à la lutte contre le Xylébore devaient être les suivantes : Action par contact, et en même temps assez puissante et suffisamment prolongée. Le DDT et HCH répondaient donc dans une certaine mesure à ces exigences.

### 1° Essais de lutte chimique.

Des premiers tests effectués en Laboratoire (20), nous avions pu tirer les conclusions suivantes :

Le HCH et le DDT utilisés à la dose de 2 p. 1000 de matière active sont efficaces contre le Xylébore. La persistance d'action moindre du HCH par rapport au DDT est compensée par un effet de choc plus accentué.

L'adjonction d'une émulsion d'huiles de pétrole, à raison de 1 p. 100

à la bouillie de DDT, paraît en augmenter la persistance, mais paraît toutefois provoquer un léger « masquage » de l'action immédiate, dans les premiers jours qui suivent le traitement.

Par contre, l'adjonction de ces mêmes huiles au HCH est à déconseiller, car elle provoque une considérable diminution de la persistance d'action de cet insecticide.

C'est sur ces bases que fut effectué le premier essai de lutte chimique en plein champ effectué en 1950 à Branges (Saône-et-Loire) et dont il a déjà été rendu compte (25).

Cette première expérience, par ailleurs concluante, nous a inspiré les réflexions suivantes concernant la technique des essais.

En matière d'expérimentation de lutte chimique contre le Xylébore (et il est vraisemblable que ces réflexions peuvent s'appliquer à d'autres xylophages) les résultats donnés par le processus normal des essais avec lots traités à divers produits et lot témoin, sont d'interprétation très délicate.

En effet même dans une plantation fortement infestée, la population de Xylébore est relativement faible. Le critère de l'efficacité d'un quelconque traitement est la présence ou l'absence d'attaques, ou encore la mortalité ou non mortalité des arbres. Dans l'un et l'autre cas, l'unité à faire intervenir dans le contrôle d'efficacité, est l'individu végétal, c'est-à-dire l'arbre... Si bien que les données chiffrées qui peuvent être obtenues, sont d'une très faible ampleur par rapport à celles qui pourraient être fournies par l'expérimentation sur d'autres insectes des fleurs (anthonome) des fruits (carpocapse)... etc... ou sur des insectes dont l'extrême prolificité permet le dénombrement statistique (Pucerons, Cochenilles, par ex...).

Pour reprendre les données de l'essai fait à Branges en 1950, nous avions : au printemps, avant le traitement, 355 arbres dont 86 parasités de l'année précédente, constituant pour les autres une menace par les Xylébores qu'ils hébergeaient.

277 sujets furent, le 28 mars traités au DDT.

50 furent traités au HCH.

38 témoins sans traitements, régulièrement répartis par paires dans la plantation furent ménagés.

Or, au contrôle des résultats, le 5 mai, puis le 2 juin, on ne trouva pratiquement pas d'attaques, ni sur les sujets traités ni sur les témoins. Les résultats obtenus ne devaient donc pas normalement être considérés comme significatifs.

La plantation en question étant particulièrement isolée au milieu de prés, la possibilité paraît exclue que les insectes se soient en masse portés ailleurs, d'autant que le jour même du traitement, nous avions pu observer les premières attaques.

Nous pouvons expliquer ces faits de la manière suivante :

Les 86 arbres qui recélaient le Xylébore avaient tous été traités. Or, en général, l'insecte, au sortir de sa galerie natale, circule quelque temps sur l'arbre avant de prendre son vol et ceux-ci ont ainsi pu s'intoxiquer dès le départ.

Il paraît d'autre part parfaitement concevable qu'un certain nombre d'individus qui, en définitive, se seraient portés sur des arbres témoins se soient au passage également intoxiqués sur des arbres traités sur lesquels ils auraient pu se poser. De même qu'il semble possible que des insectes qui se seraient en définitive portés sur des sujets traités par exemple au DDT, se soient au passage intoxiqués sur des sujets pulvérisés au HCH ou inversement, si bien qu'il devient pratiquement impossible dans ces conditions, d'établir le départ entre l'action du DDT et celle du HCH.

Pour toutes ces raisons, il nous apparaît qu'une expérimentation rationnelle de lutte chimique contre le Xylébore, devrait répondre aux deux grandes conditions suivantes :

*a*) Essai d'une seule formule insecticide par verger.

*b*) Nécessité de ménager de très grands lots témoins, pouvant même être plus importants que les parcelles traitées. Des conditions très bonnes seraient par exemple réolisées par deux parcelles importantes assez voisines l'une de l'autre, attaquées au départ sensiblement dans la même proportion, et dont l'une seulement recevrait le traitement.

Il va sans dire que si la première de ces conditions est aisément réalisable, la seconde ne l'est pratiquement pas, au moins dans les vergers appartenant à des particuliers qui sont nos champs d'expériences habituels en cette matière.

Nous avons cependant considéré que le résultat « brut » du traitement de la totalité d'un verger est suffisamment significatif de son efficacité, surtout si l'on prend soin de choisir des plantations expérimentales où un « stock » d'insectes assez important existe déjà avant traitement, et si un isolement relatif exclut au moins en partie la possibilité pour les insectes de se porter ailleurs. Ces conditions étaient d'ailleurs réunies dans le cas du foyer de Branges ci-dessus évoqué et par la suite, nous nous sommes efforcé de travailler dans des conditions analogues.

Une série d'essais de traitements de plein champ fut donc entreprise en 1952 dans la région de Tarbes (Hautes-Pyr.) où de nombreux vergers assez fortement infestés avaient été localisés. Plusieurs vergers furent à l'aide de différentes formules soumis à des traitements.

Nous passerons en revue successivement chacun de ces cas :

**Verger n° 1.** — Comprenait à l'origine 800 pommiers en cordons. Située dans la périphérie immédiate à Tarbes, cette plantation était très infestée puisque 30 arbres avaient été arrachés dès 1950, et qu'en 1951,

170 avaient été atteints, dont 37 encore sur pied au moment du traitement, constituaient un dangereux « stock « d'insectes menaçant le reste de la plantation.

Les premières sorties ayant été observées dès le 21 mars, le premier traitement ne put cependant être effectué que le 25 et sur une partie seulement du verger (80 arbres ne purent être pulvérisés). On utilisa le DDT à 2 p. 1000 de matière active additionné d'huile « blanche » à la dose de 1 p. 100.

Une période de temps froid, nuageux et pluvieux étant intervenue à partir du 28 mars, le traitement fut recommencé, cette fois sur la totalité de la plantation, mais là encore, avec quelques jours de retard, puisque les conditions atmosphériques étant redevenues bonnes à partir du 7 avril, il ne fut entrepris que le 10.

En dépit de ces circonstances défavorables, les observations de contrôle, le 22 juin 1952, ont donné les résultats suivants :

3 arbres seulement étaient morts dont 2 sur la partie n'ayant reçu que le deuxième traitement.

10 arbres, dont 2 sur la partie n'ayant reçu que le deuxième traitement présentaient quelques attaques.

A l'exception de 2, aucun des sujets, qui, au moment du traitement avaient été repérés comme déjà attaqués, ne présentait d'organe mort.

A l'exception d'un seul, les arbres qui avaient été attaqués en 1951 et n'en étaient pas morts, étaient indemnes de Xylébore.

On peut donc conclure que le traitement, bien qu'effectué par deux fois avec retard, a efficacement protégé ces arbres, en dépit de la menace présentée par le « stock » d'insectes existant dans la plantation.

**Verger n° 2.** — Ce verger comprenait 198 poiriers en quenouilles. Situé dans un faubourg de TARBES, il était relativement isolé. Sur 33 sujets attaqués en 1951, 20 avaient été arrachés. Il en restait donc 13 sur pied. Les premières sorties d'insectes ayant été constatées le 23 mars, un premier traitement au HCH à 2 p. 100 de M. A., additionné d'un mouillant, y fut appliqué dès le 24. Pour les mêmes raisons que ci-dessus, un deuxième traitement fut fait le 7 avril.

Au contrôle des résultats, le 23 juin, aucune attaque de Xylébore ne put être relevée dans ce verger. Nous avons par ailleurs trouvé dans les jours qui suivirent le traitement, un certain nombre d'insectes morts, recueillis sur des cartons enduits de glu qui avaient été disposés sous quelques arbres, à cet effet.

**Verger n° 3.** — 139 poiriers en quenouilles, situé à TARBES. 15 arbres avaient été attaqués par le Xylébore en 1951, dont 8 restaient sur pied. Le premier traitement fut effectué le 27 mars, jour même où furent cons-

tatées les premières sorties ; il fut renouvelé le 10 avril. Le produit essayé fut ici un Oléoparathion à 3 p. 100 de Parathion qui fut employé à la dose de 1 p. 100. Ce produit, dont la persistance est supérieure au Parathion employé seul, méritait, pour cette raison, d'être expérimenté. Toutefois, bien que nous n'ayions pu relever aucune attaque de Xylébore dans ce verger, nous croyons ne pas devoir considérer cet essai, comme absolument significatif en raison de la faible « réserve » de parasite existant au départ dans ce foyer.

Au printemps 1953, une autre série d'essais fut entreprise dans la région Lyonnaise, mais cette fois au lieu de procéder nous même aux pulvérisations, nous avons laissé ce soin aux propriétaires respectifs des vergers, opérant toutefois selon nos indications, afin de nous rendre compte des résultats qui pourraient être obtenus dans les conditions de la pratique.

**Verger n° 1***a*. — Poiriers, à VOURLES. Attaqué depuis deux ans, une vingtaine de sujets sur 150 récèlent du Xylébore. Ce verger fut traité le 20 mars 1953 au HCH à 2 p. 1 000 de matière active, les toutes premières sorties y ayant été relevées le 18. Au contrôle des résultats fin mai, aucune attaque nouvelle ne fut constatée.

**Verger n° 2***a*. — Situé à St-GENIS LAVAL. 150 jeunes poiriers environ dont une dizaine attaqués par le Xylébore restent sur pied après élimination des sujets tués l'année précédente. Cette plantation fut traitée dans les mêmes conditions que la précédente et aucune nouvelle attaque de l'insecte ne put y être observée.

**Verger n° 3** *a*. — A THURINS. 1 305 pommiers en cordons dont 250 attaqués en 1952. L'infestation dure depuis deux ans. Un traitement au D. D. T. à 2 p. 1 000 de M. A., additionné d'un mouillant fut appliqué le 17 avril 1953 ; une seconde application le 25 avril (l'altitude du verger est d'environ 700 m), 5 arbres seulement sont attaqués et de façon bénigne bien qu'une « réserve » de parasites de 40 sujets environ soient restés sur le terrain.

L'ensemble de ces résultats confirme donc l'efficacité des mesures prises.

Une autre confirmation nous en est donnée par la reconstitution que nous avons pu faire, de l' « histoire » d'un verger. Il s'agit du verger de Pommiers de la région de TARBES, n° 1 ci-dessus.

En 1950, fut observée la première infestation.

Le verger comptant alors 800 sujets, 50 d'entre eux furent attaqués.

La seule mesure prise fut l'élimination de 30 végétaux, morts des suites de l'attaque.

En 1951, 170 Pommiers furent à leur tour infestés, dont 138 furent éliminés.

En 1952, il fut procédé à une série de traitements dans les conditions ci-dessus décrites : 13 seulement furent attaqués, dont 3 moururent, mais aucune éradication ne fut par la suite effectuée ; il restait donc dans la plantation, un certain « stock » d'insectes ; si bien que, en 1953, aucune mesure n'ayant été prise, on constatait, fin mai que 105 arbres avaient été attaqués dont 73 étaient déjà morts où moribonds.

Ces données sont résumées dans le graphique (fig. 5). Elles illustrent, en même temps que l'efficacité des traitements, les conséquences que peut avoir la négligeance, en cette matière.

### 2° Pratique de la lutte.

Nous pouvons donc considérer que, d'après ces essais, on dispose maintenant d'une méthode de lutte chimique efficace contre le Xylébore ; toutefois, le succès des mesures prises dépend pour une bonne part de la date où sont appliquées les traitements. Ceux-ci doivent être effectués lors des premières sorties d'adultes hivernants, que nous avons situées au moment où les maxima de température diurnes atteignent de 20 à 22°C.

Mais rappelons qu'il s'agit de données microclimatiques et que la date précise des sorties des premiers insectes peut varier avec chacun des vergers intéressés, selon son exposition, sa nature, etc... Ce fait implique donc de la part de l'Arboriculteur une certaine initiative dans la détermination de la date optima, celle-ci ne pouvant pas non plus être rapportée à un stade repère phénologique du végétal.

En tout état de cause, le traitement devra au cours de l'hiver et au plus tard avant la fin de février, être précédé de l'élimination et de la destruction du maximum d'organes déjà parasités de l'année précédente, et au moins des végétaux ou parties de végétaux morts, ne présentant plus aucune utilité.

Les formules que nous préconisons actuellement sont :

L'hexachlorocyclohexane ou H. C. H. technique à la dose de 200 gr de matière active par hectolitre. Nous n'avons fait aucune tentative avec le Lindane, isomère gamma pur du H. C. H. plus récemment apparu sur le marché, mais *à priori*, il semble que ce produit doive donner des résultats moins satisfaisants que le H. C. H. technique, étant donnée notamment sa persistance moindre.

On peut également utiliser le Dichlorodiphényltrichloréthane ou D. D. T. à la même concentration en matière active.

A titre indicatif, signalons que dans tous nos essais, les produits H. C. H. ou D. D. T. ont été employés sous forme de poudres mouillables à forte teneur en M. A. (50 p. 100).

Les doses indiquées, les plus faibles que nous ayions essayées nous paraissent suffisantes, bien que les firmes distributrices de ces produits, conseillent jusqu'à 300 grammes de M. A. à l'Hl.

La pulvérisation doit mouiller abondamment toute la surface du tronc et des branches pour assurer les meilleures chances de succès, car c'est surtout en circulant sur le végétal avant de procéder au forage de la galerie que l'insecte est susceptible de s'intoxiquer.

Il sera toujours bon d'ajouter à la bouillie un mouillant, ou, dans le cas du D. D. T., 1/2 l à 1 l d'une émulsion d'huile de pétrole (dite « huile blanche d'été »). Ces adjuvants assurent une meilleure répartition du produit actif, et l'huile en particulier confère au D. D. T. une persistance plus prolongée. Par contre, nous déconseillons, l'adjonction d'huiles aux bouillies à base d'HCH car, au moins en laboratoire, elles paraissent en diminuer considérablement la rémanence, pour une raison d'ailleurs inconnue.

D'une façon générale, dans la plupart des cas, une seule application paraît pouvoir suffire, pourvu qu'elle soit correctement faite, s'il ne se produit pas dans les dix à quinze jours qui la suivent, de perturbations atmosphériques entraînant parfois un refroidissement de température susceptible d'entraver le cours des sorties. Par contre, s'il survient un tel phénomène, une seconde application dès que les conditions sont redevenues favorables, est nécessaire.

Il est d'ailleurs possible à l'avenir, qu'avec certains insecticides nouveaux (Dieldrine par ex.) plus persistants que le D. D. T. ou l'H. C. H., on puisse, lorsque des formules adaptées à ce genre de traitements auront été mises au point, se limiter dans tous les cas, à une seule application. Mais il ne s'agit là que d'une éventualité qui n'a pas encore été éudiée.

Il reste également à étudier de plus près, l'action du parathion, et surtout des oléoparathions, plus persistants. Ce genre de produit présenterait l'avantage d'être également actif contre les Acariens (Tétranyques et autres) alors qu'au contraire D. D. T. et H. C. H. selon des constatations faites ces dernières années en favoriseraient la pullulation.

Le traitement chimique, tant à cause des teneurs élevées en matière active qu'il nécessite, que de la dépense importante de bouillie par arbre, est d'un prix de revient assez onéreux, surtout lorsqu'il doit être répété.

Cette charge, il est vrai, peut se trouver en partie amortie du fait de l'efficacité polyvalente des produits utilisés ; en effet, les dates d'application coïncident souvent avec celles qui sont indiquées pour le traitement contre d'autres ravageurs des arbres fruitiers : notamment l'Anthonome

pour le Pommier, l'Hoplocampe pour le Poirier, les Chenilles défoliatrices, etc...

Cependant, il ne nous paraît vraiment nécessaire d'appliquer le traitement spécialement dirigé contre le Xylébore que dans certains cas où il existe une menace précise d'infestation ou de dégâts importants, et dont nous avons défini quelques exemples dans un précédent article (25). Et il sera souvent possible, à la suite d'une première attaque peu importante, d'éviter à moindres frais la récidive l'année suivante par l'éradication soigneuse de tous les végétaux ou organes parasités. Mais cette mesure élémentaire est malheureusement trop souvent méconnue.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1. Le Xylébore disparate, *Anisandrus dispar* F. a fait, durant plusieurs années consécutives, en diverses régions de France, l'objet d'une étude détaillée. Les observations éthologiques, biologiques et anatomiques se confirmant les unes les autres, démontrent que cette espèce ne se reproduit qu'à raison d'une seule génération annuelle.

2. Les expériences d'élevage, conduites selon une méthode nouvelle, confirment également ces conclusions et ont mis de plus en évidence l'existence d'une diapause imaginale, à laquelle est due l'impossibilité pour les jeunes femelles venant d'éclore, de donner immédiatement naissance à une autre génération, alors même que les diverses conditions sembleraient s'y prêter.

3. Au moins sur certaines essences fruitières, telles que le Pommier, le Poirier, l'Abricotier, *A. dispar* doit être considéré comme pouvant être un ravageur « primaire », capable de s'attaquer à des végétaux sains, et non pas seulement comme un parasite de faiblesse.

4. Des essais de lutte dans les conditions de la pratique ont confirmé les résultats expérimentaux précédemment acquis, à savoir l'efficacité du D. D. T. ou du HCH à la dose de 200 gr de matière active à l'Hl. Le traitement doit être effectué dès constatation faite des premières sorties d'insectes au printemps, ce qui se produit en général par beau temps, lorsque les températures diurnes atteignent 20 à 22°C. Le traitement est à renouveler si une période de mauvais temps intervient pour inhiber momentanément les sorties.

*Reçu pour publication le 30 avril 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

(1) BALACHOWSKI (A.). — Coléoptères Scolytides. *Faune de France*, Paris, 1949.

(2) BALACHOWSKI (A.) et MESNIL (L.). — Les Insectes nuisibles aux plantes cultivées. Paris, 1931.

(3) BARBEY (J.). — Traité d'entomologie forestière. 2e éd., Paris, 1925.
(4) BEAUVERIE (J.). — Étude d'une maladie des Pêchers dans la Vallée du Rhône. *Ann. Epiph.*, t. I, Paris, 1912.
(5) BRENY (R.). — Trois Scolytes du Cerisier. *Bull. Hortic.*, **1**, n° 2, Liège, 1946.
(6) ESCHERICH (K.). — Fortinsekten Mitteleuropas. Berlin, 1923.
(7) ESSIG (E. O.). — Insectes of Western North America. New York, 1929.
(8) GILLANDERS (A. T.). — Forest entomology. London, 1908.
(9) HOVASSE (L.). — Les Insectes nuisibles au Noisetier en Turquie. *Rev. Path. Vég. Ent. Agr.* t. XVII, Paris, 1930.
(10) HUBBARD (H. G.). — The Ambrosia Beetles of the United States. *U. S. Dpt. Agr.-Div. Ent.-Bull.*, n° 7, Washington, 1897.
(11) IOAKIMOV (D.). — (Injury to Vines by the larvae of *Xyleborus dispar*). *Mitt. Bulgar. Ent. Ges.*, t. II, Sofia, 1925. (*in RAE*, t. XIV, 1925).
(12) KLEINE (R.). — Die Borkenkäfer (Ipidae) und ihre Standpflanzen. *Zeitschr. Angew. Ent.*, t. XXI, Berlin, 1934.
(13) KOTTE (W.). — Krankheiten und Schädlinge in Obstbäume und ihre Bekämpfung. Berlin, 1941.
(14) MATHERS (W. G.). — The Shot-hole borer *Anisandrus pyri* PECK in British Columbia. *Canad. Ent.* t. LXXII, Ottawa, 1940.
(15) PAILLOT (A.). — Les insectes nuisibles des vergers et de la Vigne. Paris, 1931.
(16) SCHNEIDER-ORELLI (O.). — Untersuchungen über den Pilzzüchtenden Obstbaumborkenkäfer *Xyleborus* (*Anisandrus*) *dispar* und seinen Nährpilz. *Centrbl. Bakt. Parsitk. Abt. II*, t. XXVIII, Iéna, 1913.
(17) SCHVESTER (D.). — Le Xylébore disparate et les principaux Scolytides nuisibles aux arbres fruitiers. *Rapport au Congrès Pomologique* de France. 80e Session, Bourges, 1949.
(18) SCHVESTER (D.). — Sur un Nématode du Groupe des *Parasitylenchus dispar Fuchs*, parasite nouveau du Xylébore disparate. *Ann. I. N. R. A., Série C. Ann. Epiph.*, t. I, 1950.
(19) SCHVESTER (D.). — Méthodes de lutte contre les Scolytides des arbres fruitiers. *Rev. Zoo. Agr. Appl.*, t. L, Bordeaux, 1951.
(20) SCHVESTER (D.). — Premiers essais en laboratoire de formules insecticides contre le Xylébore disparate. *Ann. I. N. R. A., Série C, Ann. Epiph.*, t. III, Paris, 1952.
(21) SCHVESTER (D.). — Technique d'élevage du Scolytide *Xyleborus dispar*. *Phytiâtrie-Phytopharmacie*. t. I, n° 2, Paris, 1952.
(22) TREDL (R.). — Nahrungspflanze und Verbreitungsgebiete des Borkenkäfer Europas. *Entom. Blätter*, t. III, Berlin, 1907.
(23) VAPPULA (N. A.). (The Occurrence of pests in Finland in 1934-35) *Valt. Maatalousk. Tied.*, n° 126, Helsinki, 1937. (in RAE t. XXVI, 1938).
(24) VASSEUR (R.) et SCHVESTER (D.). — Le Xylébore disparate dans la Région Lyonnaise. *Ann. Ep.*, t. XIV (N. S.), 1948.
(25) VASSEUR (R.) et SCHVESTER (D.). — Procédés de lutte contre le Xylébore disparate. *Ann. I. N. R. A., Série C, Ann. Epiph.*, t. IV, 1953.

# ACTION DE LA FUMÉE SUR APIS MELLIFICA

par

**Ch. GOILLOT** (1)

Station de Recherches Apicoles, Bures-sur-Yvette (Seine-et-Oise)

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

## INTRODUCTION

L'agressivité manifestée par l'Abeille envers toute cause capable de troubler son activité ou l'organisation de la colonie est source d'ennuis et parfois d'accidents. Les apiculteurs ont, depuis la plus haute antiquité, empiriquement résolu, en partie du moins, ce problème à l'aide de la fumée, et l'enfumoir est devenu l'instrument indispensable à toute visite au rucher.

Cependant, l' « action calmante » de la fumée sur l'Abeille n'a, jusqu'à présent, été expliquée qu'en termes plus ou moins anthropomorphiques, et aucune discrimination des fractions actives ni analyse du comportement de l'Abeille en présence de cet aérosol complexe : la fumée, n'ont été entreprises.

Le présent travail, à caractère préliminaire apporte une contribution pour combler cette lacune.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### LA FUMÉE

#### Généralités

La fumée est un aérosol complexe qui prend naissance lors de toute combustion pyrogénée incomplète de matières organiques. Cet aérosol est caractérisé par : son opacité (densité) ; la composition chimique de

(1) Sous la direction scientifique de Monsieur CHAUVIN.

ses phases, caractères variant considérablement en fonction : 1° du matériau décomposé ; 2° du mode de production (combustion ou pyrogénation) ; 3° de la chaleur dégagée par la combustion ou apportée à la pyrogénation.

Les conclusions du présent travail ont été établies sur fumées de cellulose (coton hydrophile) et sur fumées de bois (copeaux de chêne en provenance du tronc et des branches maîtresses), produite en distillation par combustion partielle. Ces fumées sont « actives » et présentent l'avantage de contenir peu ou pas du tout de produits gênants et parasites tels que les huiles de résine des bois de conifères par exemple.

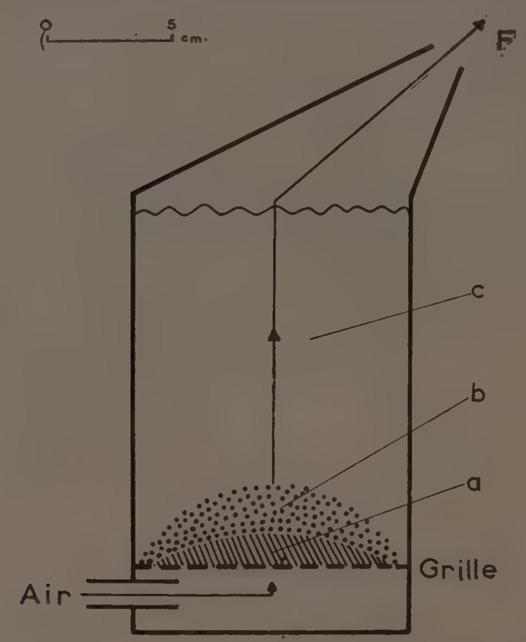



Fig. 1. — Schéma et principe du fonctionnement d'un enfumoir (enfumoir type Corneil).

— air : en provenance d'un soufflet. — *a* : zone de combustion. — *b* : zone de distillation (environ 350°C). — *c* : Colonne de combustible : zone de refroidissement et de filtration de la fumée. — F : fumée.

*Fumigènes.* — La fumée employée au cours des expériences provenait de la distillation par combustion partielle des combustibles ci-dessus soit dans un enfumoir de type Corneil (fig. 1), couramment employé par les apiculteurs, lorsque l'expérience ne nécessitait que de petites quantités de fumée, soit dans un fumigène de plus grande capacité et pouvant fonctionner avec circulation d'air sous pression lorsque la quantité de fumée nécessaire était importante ou devait traverser des appareils de fractionnement.

Les fumées fournies par ces deux appareils (sortes de gazogènes) étaient de qualités (opacité et couleur) et compositions (taux d'acidité du pyroligneux) comparables.

## Fractionnement de la fumée

La phase dispersante de cet aérosol est le gaz pauvre qu'il est possible d'analyser directement, sans précautions spéciales, dans un analyseur de gaz classique (1). Sa composition, peu variable dans les conditions énoncées ci-dessus, est voisine de :

| | |
|---|---|
| $CO_2$ | 19 ± 2 p. cent |
| CO | 8,75 ± 1 p. cent |
| $O_2$ | 2,95 ± 2 p. cent |
| $H_2$ | 0,6 p. cent |
| $CH_4$ | 0,65 ± 0,5 p. cent |
| $N_2$ et le reste | 68,15 p. cent. |

Le test a été effectué sur la synthèse de cette fraction gazeuse à partir des gaz purs.

La phase dispersée comprend en proportions variables : de très fines gouttelettes d'eau condensées dès la sortie du fumigène en raison de la chute thermique, plus ou moins saturées de *méthylène* (ensemble d'alcool méthylique, acétone et méthyéthylcétone pour sa plus grande partie) et d'*acide pyroligneux* (acide acétique et homologues), cet ensemble constituant le jus pyroligneux.

De très fins globules de goudrons, des particules solides (cendres), peu abondantes lorsque la colonne de combustible est suffisamment épaisse pour les filtrer (2), conditions dans lesquelles ont été réalisées les tests suivants.

Jus pyroligneux (solution aqueuse) et goudrons n'étant pas miscibles, leur séparation est possible par simple décantation ; cependant une partie des goudrons se dissout dans le pyroligneux, à la faveur de son acidité, et les goudrons entraînent de leur côté une part du pyroligneux. Partant du principe que les constituants principaux du méthylène et de l'acide pyroligneux sont volatils, nous avons effectué le fractionnement de la façon suivante (fig. 4) : A la sortie du fumigène, la fumée se dirige — d'une part vers une colonne à billes où très rapidement elle barbotte dans son propre condensat et se décharge presque complètement — d'autre part vers un long filtre à coton qu'elle traverse en y abandonnant la fraction non volatile (goudrons) dont il est possible de suivre le dépôt progressif à l'intérieur même du filtre, grâce à leur coloration brune ou jaunâtre. En fin de « fabrication », la vidange par ($v$) fournit la fraction goudronneuse et une certaine quantité du pyroligneux inévitable.

(1) Analyses réalisées à l'Office de Chauffe Rationnelle sur analyseur de gaz Hermann-Moritz.

(2) Lorsque cette colonne touche à sa fin, la fumée, jusqu'alors opaque, blanche et tiède, bleuit, s'éclaircit jusqu'à la transparence ; elle est alors chaude, riche en cendres, pauvre en jus pyroligneux et goudrons. La quantité des gaz produits augmente, les carbures éthyléniques apparaissent, son action sur l'Abeille (activité) s'amoindrit.

On peut alors tester séparément : 1° Les vapeurs des corps volatils du jus pyroligneux soit recueillies à la sortie du filtre, soit obtenues par évaporation à partir des cylindres de coton non coloré du filtre, sur lesquels elles se sont condensées ; 2° le condensat pyroligneux ; 3° les goudrons.

Ces tests, répétés avec les fumées d'un classique enfumoir donnent des résultats comparables.

*Test.* — La substance à tester (fumée, fraction de fumée, corps purs) est recueillie dans un container de grande capacité (5 litres), à large ouverture, soit sous forme d'aérosol (fumée, goudrons), soit de vapeur saturante (pyroligneux, corps purs).

La consistance des goudrons rend impossible leur aérosolisation directe, mais on peut en obtenir une suspension aqueuse par neutralisation d'un jus pyroligneux brun foncé, riche en goudrons, et aérosolisation (au vaporisateur) de cette suspension. Cet aérosol est instable.

D'un autre côté, 150 Abeilles environ sont introduites dans l'actographe et pourvues de nourriture : miel ou candi, soit répandus sur les parois de $C_2$, soit ainsi que l'indique la figure 2, sur les deux bases du même cylindre. Une dizaine de minutes après l'introduction, les premiers moments d'agitation passés, les cylindres de l'actographe, jusqu'alors conservés en étuve à 25-30°C, sont immergés dans le container et l'atmosphère à tester. L'activité sur l'Abeille de cette atmosphère est ensuite évaluée à partir de la courbe enregistrée [1]. Un temps de présentation trop prolongé des Abeilles à l'atmosphère testée fatigue celles-ci ; ce temps n'a jamais été supérieur à une minute ; une vingtaine de secondes suffit largement pour apprécier cette activité, surtout dans le cas d'expériences qualitatives telles que celles poursuivies en vue de la localisation de l'agent actif. Ce temps n'a été prolongé que lorsque l'on désirait se rendre compte de la toxicité de l'atmosphère testée, par le pourcentage de morts en fin d'expérience, après un temps d'exposition donné.

Dans les conditions habituelles (ruche), l'enfumage ne provoque ni l'anesthésie ni l'asphyxie, les expériences se concluant par ces accidents ont donc été éliminées et considérées comme faussées par un temps d'exposition trop prolongé. En effet le confinement de l'actographe est plus fort que celui de la ruche, le renouvellement de l'atmosphère se fait moins bien dans les conditions expérimentales citées ci-dessus.

Enfin, les Abeilles étaient renouvelées après chaque test.

## ABEILLES UTILISÉES

Les différentes variétés d'Abeilles réagissent de façons sensiblement différentes à la fumée, en fonction d'un grand nombre de facteurs, parmi

[1] La phase CD n'a lieu que lorsque l'actographe est soustrait à l'atmosphère perturbatrice.

lesquels : les conditions météorologiques, l'abondance de la récolte, l'agressivité plus ou moins prononcée de la colonie, la qualité de la fumée, etc., semblent essentiels.

L'étude de l'activité de ces fumées a été poursuivie au laboratoire sur Abeilles en provenance d'une colonie de la race noire commune, et les conclusions des différents tests ont été vérifiées sur d'autres colonies identiques.

## TEST DE L'ACTIVITÉ DE LA FUMÉE SUR L'ABEILLE

Les résultats des tests, dont nous reparlerons plus loin, ont pu être enregistrés grâce à un actographe de conception particulière, spécialement adapté à ce problème (fig. 2).

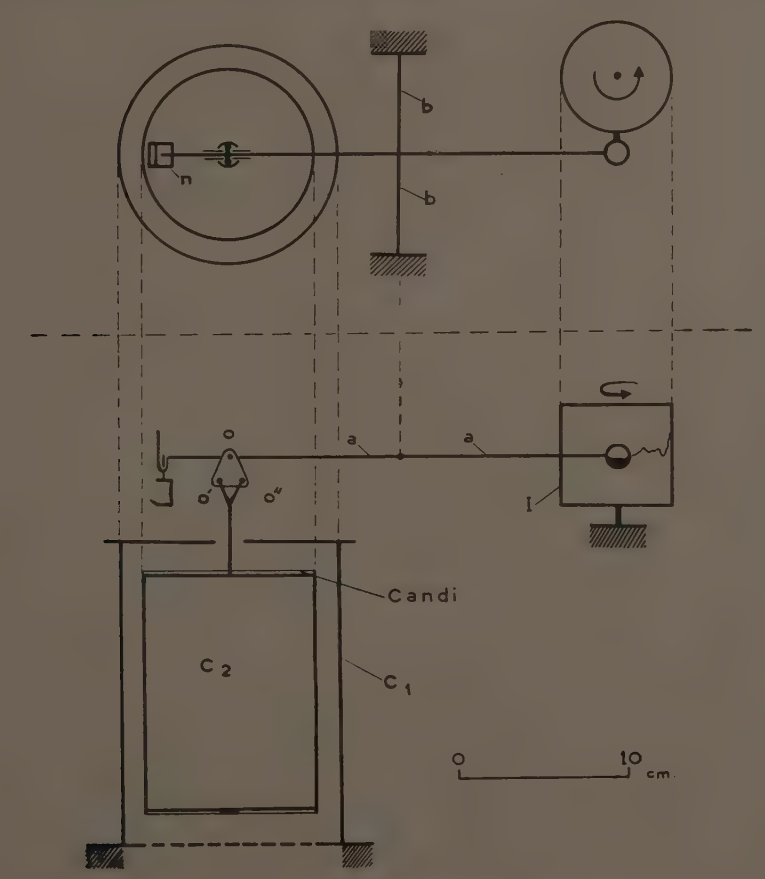



FIG. 2. — Actographe à cylindres (légendes dans le texte).

**Description de l'actographe.** — Les Abeilles sont introduites dans l'espace annulaire compris entre les deux cylindres coaxiaux $C_1$ et $C_2$, en papier. Cependant que $C_1$ est fixe, $C_2$, solidaire d'un fin axe de verre, est suspendu en O′O″ à l'un des bras, a, d'une balance de torsion *bb* par l'intermédiaire d'une pièce triangulaire OO′O″ ne laissant à ce cylindre central qu'un degré de liberté. Ce même bras porte en outre une petite nacelle *n* dont la charge plus ou moins grande permet de tarer l'appareil en fonction du nombre d'abeilles introduites, étalonnant par là même la courbe enregistrée. L'autre bras a′ porte une aiguille creuse inscrivant sur une bande de papier entraînée par le cylindre I, la variation de poids de $C_2$ en fonction du temps.

**Fonctionnement.** — A. Lorsque les insectes se contentent de passer d'un cylindre sur l'autre, $C_2$ effectue un mouvement de translation verticale, son augmentation de masse étant à chaque instant équilibrée par le couple exercé par la barre de torsion (*bb′*). La courbe inscrite est l'image du nombre d'Abeilles (N) passant d'un cylindre sur l'autre dans un intervalle de temps ($t$-$t^0$), dans la mesure où deux Abeilles ne passent pas simultanément l'une de $C_2$ sur $C_1$ et l'autre de $C_1$ sur $C_2$ ; si l'on laisse de côté ce dernier cas, le nombre $N_{(t-t0)}$ définit une quantité d'agitation manifestée par les abeilles de $t^0$ à $t$ ; il permet de caractériser quantitativement la circulation (ou l'agitation) d'un groupe à un moment donné, si l'on prend ($t$-$t^0$) faible.

Le rapport $I = \frac{N}{t - t_0}$ fournit l'*intensité moyenne* de la circulation, assimilable au pouvoir perturbateur du phénomène X subi par les Abeilles.

L'intégrale de la *variation* de masse de $C_2$ (que l'on peut obtenir avec un dispositif intégrateur d'impulsions) donne l'intensité de l'agitation à chaque instant, et sa variation en fonction du temps.

En réalité, ces notations ne tiennent pas compte des déplacements simultanés et de sens contraires (coïncidences) ; on peut admettre que la probabilité de coïncidence croît avec la circulation, par conséquent, les relevés de faibles circulations sont plus justes (ce que les étalonnages ont confirmé) que ceux de fortes circulations pour lesquels ces coïncidences sont nombreuses et où, aussi faible soit-elle, l'inertie de l'appareil intervient. Dans ce dernier cas, l'actographe fournit cependant une courbe dentée, caractéristique et particulièrement suggestive (fig. 3) dont nous nous sommes contenté ici.

B. Si les Abeilles superposent à leur circulation une perturbation de l'atmosphère comprise entre les deux cylindres, en battant des ailes par exemple, $C_2$ oscille, et pour chaque demi-oscillation orthogonale à son degré de liberté, la plume, se détachant du papier, n'inscrit plus qu'un point.

C. Si cette perturbation présente une périodicité temporelle, conséquence d'une organisation de la perturbation (ventilation), la plume inscrit des cercles plus ou moins réguliers, ce qui n'est pas aisément explicable mais a toujours été constaté et n'a été constaté que dans les cas précis de ventilation.

On voit que cet actographe dont la sensibilité est très grande (fig. 3) permet d'inscrire l'ensemble d'un comportement en en différenciant les phases essentielles, et qu'il est possible de travailler dans l'obscurité (ce qui a été le cas avec les Abeilles, durant les tests). Cette méthode pourrait d'ailleurs servir à l'étude de l'activité d'une colonie quelconque d'insectes, moyennant adaptations à leur mode particulier de déplacement.

## RÉSULTATS

### COMPORTEMENT DES ABEILLES EN PRÉSENCE DE LA FUMÉE SON ENREGISTREMENT

Lorsque les Abeilles réagissent à la fumée, ce qui fut toujours le cas, le relevé de l'actographe différencie les phases suivantes du comportement général (fig. 3) :

AB : Temps de latence, très court, pendant lequel l'activité normale du groupe d'Abeilles se poursuit.

BC : Désorganisation générale, activité fébrile accompagnée d'un bruissement plus ou moins intense, de tonalité grave ; cette agitation renouvelle « tant bien que mal » l'atmosphère, chaque Abeille semblant réagir « pour son compte propre ».

CD : Ventilation : le groupe se réorganise, les abeilles sont en majorité fixées sur le support (faible circulation) et ventilent. Cette ventilation est en général polarisée (dirigée si l'on préfère), preuve de son caractère organisé. La tonalité est plus élevée. L'atmosphère perturbatrice évacuée, en D, l'activité normale reprend.

BD : constitue la phase intéressante pendant laquelle l'agressivité passe par un minimum, et que l'apiculteur exploite.

Nous n'avons jamais remarqué la prise de nourriture, provoquée, selon bon nombre d'auteurs, par l'enfumage et souvent invoquée comme cause de la baisse de l'agressivité : Sur cadre de miel, d'après un groupe d'observations faites sur un nucleus Dadant avec reine, et menant depuis plusieurs mois une existence apparemment normale (récolte et ponte), le nombre d'Abeilles plongées dans les alvéoles n'a jamais varié de plus de 5 p. 100, tantôt augmentant et tantôt diminuant, à la suite d'un enfumage. Sur candi, les Abeilles désertent leur nourriture dès la première bouffée de fumée.

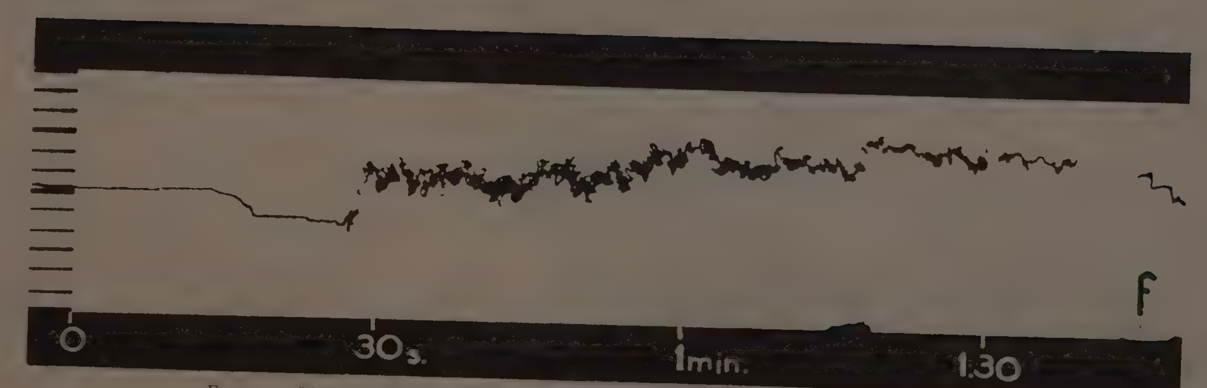



FIG. 3. — L'abaque placé au début de chaque graphique donne l'étalonnage de ce dernier ; la distance entre deux traits consécutifs représente le poids moyen de deux abeilles (2 dgr.).

I *a*) Activité normale (cf. le texte) ; *b*, *c*) Accroissement de l'activité (circulation) dû à l'envoi d'une bouffée de fumée (*b*) ; d'acide acétique (*c*). Les quantités de fumée ou d'acide acétique envoyées sont faibles et ne provoquent ni désorganisation (phase BC) ni ventilation organisée (phase CD). — II *d*) Action prolongée environ une minute de la fumée ; *e*) Action prolongée environ une minute de vapeurs d'acide acétique. Cf. le texte. — III *f*) Ventilation spontanée (sans stimulus expérimental). Le graphique indique une activité d'emblée organisée (absence de la phase BC).

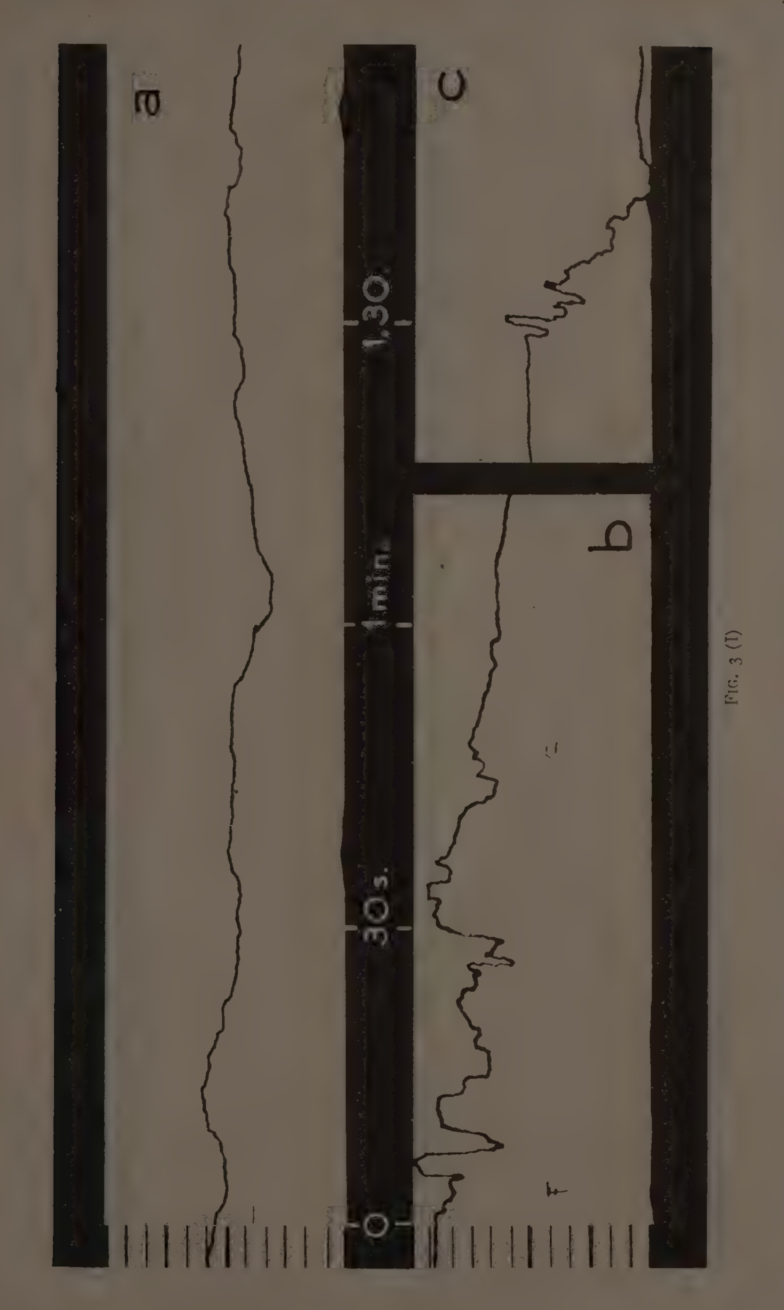



FIG. 3 (I)

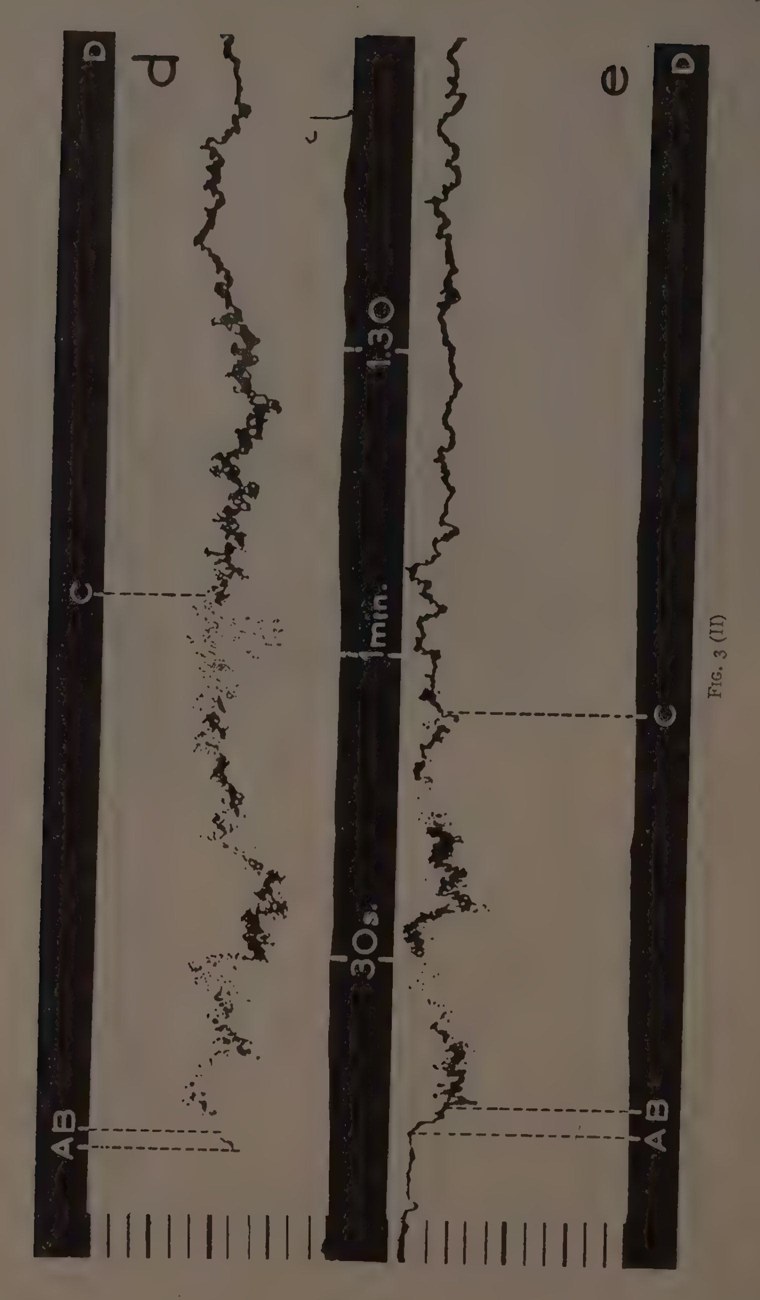



FIG. 3 (II)

Les Abeilles plongées dans les alvéoles du cadre que l'on retire de la ruche après enfumage y étaient certainement plongées avant les premiers envois de fumée. Une étude statistique de cette réaction (ou de son inexistence) s'impose cependant avant toute conclusion définitive.

*Fractions actives de la fumée.* — Conservée à l'étuve (60°C) ou à la glacière, la fumée contenue dans un ballon conserve longtemps son « activité » qu'il est possible de mettre en évidence une quarantaine d'heures après sa génération. Les goudrons se sont alors déposés sur les parois inférieures du ballon ; les parois supérieures libres de tout dépôt, permettent d'apprécier photométriquement, en prenant pour terme de comparaison la transparence initiale du ballon vide, l'opacité de l'atmosphère contenue ; lorsque celle-ci est nulle, son « activité » ne l'est pas. D'autre part, il n'y a pas de différence entre les tests de la fumée complète et ceux des vapeurs recueillies à la sortie du filtre à coton. D'après ces deux expériences, les fractions non volatiles et en particulier les goudrons, ne semblent pas participer de façon appréciable avec ces tests, à « l'activité » manifestée par la fumée.

## I. — Goudrons

Fraîchement récoltés, les goudrons sont « actifs » mais entraînent une quantité importante du méthylène et du jus pyroligneux ; neutra-

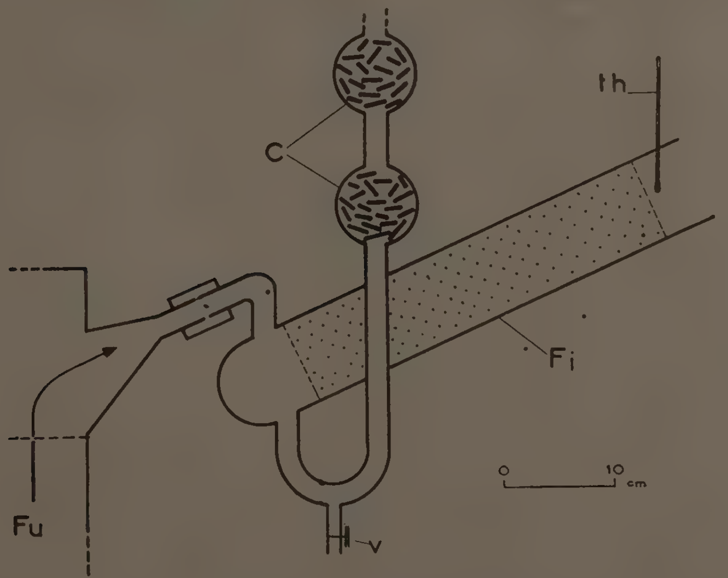



Fig. 4. — Fractionnement des fumées.
— Fu : fumée en provenance du fumigène. — *v* : vidange. — Fi : filtre à coton. — th : thermomètre. — C : colonne à « billes » cf. le texte.

lisés par $Ca(OH)_2$, ils deviennent inactifs. Cependant, certains corps volatils de la fraction goudronneuse, tels que les phénols, sont actifs à l'état pur en phase vapeur mais ne manifestent avec les méthodes de test exposées ci-dessus, aucune « activité » notable étant donnée leur faible concentration dans la fraction de la fumée qui les contient (goudrons).

L'étude séparée des vapeurs de phénol (empiriquement utilisé comme succédané de la fumée par un certain nombre d'apiculteurs), met d'ailleurs en évidence le caractère répulsif de ce corps et son absence d'action calmante.

Si l'action de la fumée se prolonge, des goudrons se déposent sur les Abeilles, et la mortalité en devient importante.

## II. — Corps volatils

*a*) **Vapeur d'eau**. — La fumée est saturée de vapeur d'eau, du moins dès sa sortie du fumigène. La vapeur d'eau est « inactive » mais favorise par condensation la fixation sur l'Abeille de produits acides ou goudronneux portant alors gravement atteinte à l'insecte.

*b*) **Jus pyroligneux.** — *Acide pyroligneux* : Fraîchement récolté, il donne à l'actographe des résultats identiques à ceux obtenus avec la fumée complète. Neutralisé par $Ca(OH)_2$ (pyrolignite de chaux) il ne présente plus l'action citée ci-dessus. L'analyse qualitative du pyrolignite révèle la présence d'un acétate. Si l'on réacidifie ce pyrolignite par $CH_3 — COOH$, la phase BD réapparaît sur le relevé de l'actographe, ce que l'on obtient aussi avec des vapeurs d'acide acétique pur.

*Méthylène* : Les vapeurs d'alcool méthylique et d'acétone, présentes quoiqu'en plus faible quantité dans le jus pyroligneux, provoquent aussi lorsqu'elles sont employés à l'état pur, la phase BD.

Ainsi les fonctions : 1° acide ($CH_3 — COOH$) ; 2° cétonique ($CH_3 — CO — CH_3$) ; 3° alcoolique ($CH_3 — OH$), semblent responsables du comportement de l'Abeille vis-à-vis de la fumée, sans que soit d'ores et déjà à rejeter l'influence de quelque fraction, faible certes, mais pouvant présenter un caractère synergique.

Deux visites de ruches ont été effectuées en utilisant ces corps « actifs » à l'état pur, sous forme de vapeur [1], sans que les Abeilles ne manifestent d'agressivité ; à chaque ouverture, une ruche voisine, ouverte sans vapeur ni fumée était prise pour témoin : la différence de comportement fut à chaque fois extrêmement nette.

[1] Acide acétique, alcool méthylique et acétone sont très actifs en phase vapeur ; employés en érosols ils provoquent une mortalité importante.

## HYPOTHÈSE

L'action calmante de ces agents chimiques serait en quelque sorte la conséquence de leur rôle perturbateur. La baisse de l'agressivité serait dans cette perspective la conséquence d'une désorganisation passagère de la structure sociale de la ruche ; il est remarquable en effet, que dès la fin de la ventilation où la colonie retrouve son organisation antérieure, les tentatives agressives réapparaissent, et très rapidement, se manifestent de façon très violente.

Il serait cependant prématuré de conclure, et ce n'est là qu'une hypothèse cherchant à expliquer, en attendant mieux, le parallélisme que nous avons constaté entre le pouvoir perturbateur de ces substances et l'absence d'agressivité lors de leur emploi en lieu et place de fumée.

## CONCLUSION

Ce travail préliminaire se propose une étude expérimentale de « l'action calmante » de la fumée sur *Apis mellifica*.

Ayant pris pour test le rôle perturbateur de la fumée sur l'Abeille dont le comportement était enregistré par un actographe de conception particulière, qui en différenciait les phases essentielles, on trouve un curieux parallélisme entre pouvoir perturbateur élevé et propriétés « calmantes » (réduisant l'agressivité) de certaines fractions de la fumée, contenant essentiellement : 1° de l'acide acétique ; 2° de l'acétone ; 3° de l'alcool méthylique, corps principaux du jus pyroligneux ci-dessus classés par ordre décroissant d'activité lorsqu'ils sont employés à l'état pur. On ne peut cependant pas rejeter dès à présent l'action possible, plus ou moins synergique de substances présentes en très faible quantité dans la fumée. Goudrons et vapeur d'eau sont sources de mortalité importante.

On entrevoit, à travers ces premiers résultats quelques conséquences pratiques : rationalisation de l'enfumoir ; emploi de « fumées » sèches et sans goudrons, à température modérée.

*Reçu pour publication le 13 avril 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

(1) Caillas (A.). — Les moyens employés pour calmer l'irritation des Abeilles. *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture.*

(2) Dupont (G.). — Distillation du bois. (Le bois carburant Gauthier-Villars, Paris, 1941.

# QUELQUES MALADIES CRYPTOGAMIQUES SUR ÉPIS, TIGES ET FEUILLES DE MAIS

PAR

**M[lle] M. GAUDINEAU, C. M. MESSIAEN** (1)
Station de Pathologie Végétale,
Centre de recherches agronomiques du Sud-Ouest,
Pont-de-la-Maye (Gironde)

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

Il ne sera question ici ni du charbon, ni de la rouille, maladies courantes dans notre Sud-Ouest de culture ancienne du maïs ; en 1949, lors du II[e] Congrès International à Pau, les connaissances les plus récentes sur leur biologie ont été exposées (1 et 2) qui expliquent les difficultés rencontrées pour réduire leurs dégâts par l'obtention de variétés résistantes, tout autant que par les anticryptogamiques.

Mais, depuis 1949 où une « verse parasitaire » causée par un Fusarium permit de déceler le *Gibberella zeae* dans le sud des Landes, nous avons rencontré des pourritures des épis et des tiges causées par les Gibberella et le Macrophomina, et en 1950 et 1951 des attaques sur feuilles d'Helminthosporiose et d'Anthracnose. Ces parasites sont jusqu'ici peu connus en France pour la plupart et il nous semble utile d'attirer l'attention sur les symptômes caractéristiques et distinctifs de ces maladies que les producteurs de semences devraient éliminer.

(1) Avec la collaboration technique de R. LAFON et J. SIMONE.

## I. — LES GIBBERELLA

Ces champignons déterminent des pourritures des tiges et des épis par le développement parasitaire de leurs filaments mycéliens et de leurs conidies qui appartiennent au genre *Fusarium*, d'où l'appellation de Fusariose donnée parfois à ces maladies. Trois organismes ont été décrits et sont considérés aux États-Unis comme responsables de dégâts ; ce

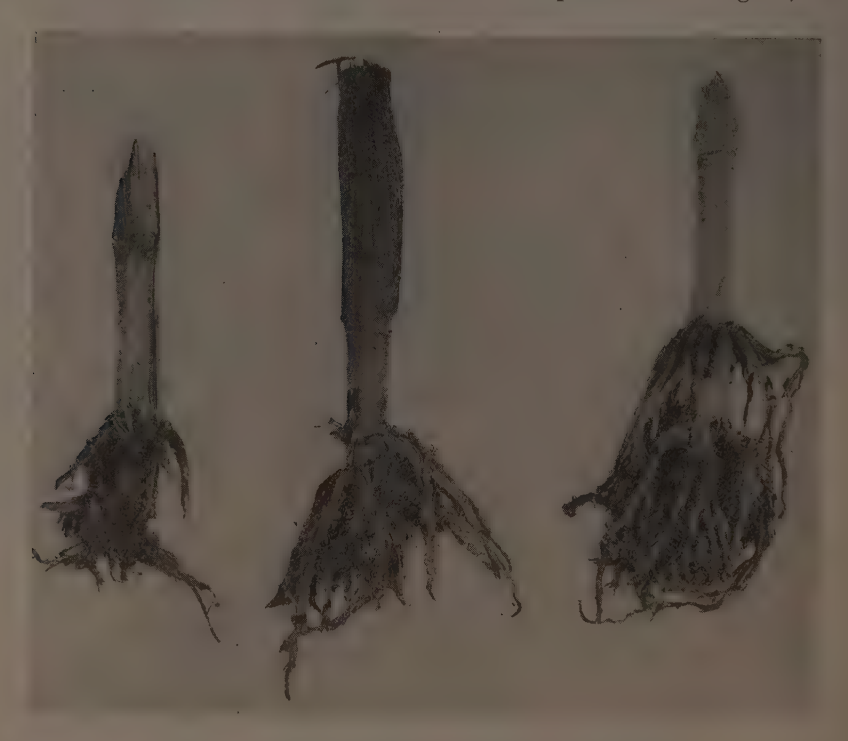


Fig. 1. — Attaque de Gibberella sur tiges et racines de maïs dont les altérations les plus graves sont présentées sur l'échantillon à gauche.

sont le *Gibberella zeae*, le *Gibberella Fujikuroi* et sa variété *subglutinans*.

Les altérations sur les tiges de maïs présentent des aspects très voisins : l'entre-nœud inférieur, la couronne de racines sous-jacente, souvent aérienne en partie et la suivante qui est dans le sol sont envahis par les filaments. Les racines très altérées ne possèdent plus que l'écorce et se présentent comme une gaine vidée de son contenu, de couleur pourpre violacé ; cette même coloration s'étend à la surface du dernier entre-nœud, mais pénètre dans la moelle et envahit les nœuds de la base. Les

racines deviennent aussi très friables (fig. 1) et les tiges elles-mêmes sont moins résistantes ; dans les cas d'invasion grave, se produit la « verse parasitaire » où les champs de maïs présentent un grand nombre de tiges par terre. Dès le mois de septembre, une attaque de cet ordre a été observée pour la première fois en France en 1949 dans les cultures de Saint-Martin-de-Hinx par MM. ALABOUVETTE et BERTIN (4) ; nous avons pu obtenir des périthèces à partir des tiges malades durant l'hiver suivant, ce qui nous a permis d'identifier le *Gibberella zeae*. Sous la dénomination équivalente *G. Saubinetii* ce champignon avait été signalé en France en 1928 pour la première fois sur houblon où M. MILLASSEAU avait reconnu qu'il causait des chancres sur tiges. Tandis qu'aux États-Unis, SELBY et MANNS (5) dès 1909 avaient mis en évidence son action parasitaire sur blé comme agent du « scab » des grains, préjudiciable aux blé, orge, seigle et avoine sur les grains et aussi sur les plantules. C'est encore sur ces mêmes céréales que J. G. DICKSON et Helen JOHANN en 1920 ont constaté les fortes productions de conidies, rapidement et en abondance, aussi bien à partir du mycélium et des conidies que des ascospores. En 1923 seulement, DICKSON met en évidence l'infection des maïs par le *Gibberella saubinetii* dans les cultures faites après blé et il souligne les trois formes de dégâts identiques, soit invasion des grains avant la levée, brûlure des jeunes semis et infection du système radiculaire. Des études importantes sont consacrées à cet organisme, à son évolution en fonction de la température et de l'humidité (DICKSON, DUFRENOY et FRÉMONT). Cependant qu'en Grande-Bretagne le *Gibberella saubinetii* est reconnu en 1928 sur les blés et orges des comtés de l'Est (7). L'action parasitaire du *Fusarium moniliforme* et son rattachement au *Gibberella Fujikuroi* sont ensuite reconnus d'abord en Floride par VORHEES (8) et dans les parties les plus humides des zones tempérées du Corn-belt (9). Les dégâts sont fréquents à la levée et sur les jeunes plantes.

Depuis 1950, nous avons répété des prospections d'été et d'automne dans les champs de maïs des Landes et des Basses-Pyrénées ; en 1952 et 1953, nous les avons étendues à tous les départements compris entre la Garonne et les Pyrénées portant même sur la rive droite de la Garonne, dans le Lot et le Tarn. Nous avons été amenés à considérer que les Gibberella existent dans toute la région, mais que leurs dégâts passent inaperçus. Le plus souvent, il n'y a qu'une faible désintégration des tiges et des racines, et celle-ci est attribuée aux chenilles de Sésamie ou de Pyrale, très apparentes en fin de saison. Ou encore, comme en 1952, la verse se produit après un orage auquel le cultivateur attribue l'entière responsabilité des dégâts, alors que l'examen des tiges met en évidence que seules — et sans exception — les tiges cassées ou couchées présentent ou des galeries de mineuses ou des pourritures à la base.

La chaleur est le facteur qui favorise le développement des Gibberella et qui semble responsable des dégâts importants en 1949 dans le Sud-Ouest, où le mois d'août fut particulièrement chaud.

Les Gibberella attaquent les épis ; non seulement les grains, mais aussi les rachis, les spathes peuvent être envahis par les filaments mycé-



FIG. 2. — Les deux épis, à gauche et au milieu, sont attaqués par *Gibberella zeae* tandis que *G. fujikuroi*, sur celui de droite, détermine des groupes clairs de grains malades (voir *a* et *b* du tableau p. 277).

liens ; des fructifications conidiennes de couleur claire se forment souvent. De sorte que les épis présentent des aspects assez différents selon le Fusarium qui est en cause et qu'il faut distinguer en outre d'autres altérations parasitaires ou saprophytiques, les unes transformant les grains en masses noires, tandis que les autres sont des moisissures superficielles qui constituent des revêtements verts ou noir-verdâtre. Nous donnons, ci-dessous, la discrimination des organismes en cause d'après les observations faites à l'œil nu sur les épis dégagés des spathes :

| | |
|---|---|
| **I. — Coloration blanche ou rosée.** | |
| A. Altérations en bandes allongées, partant généralement du sommet des épis (fig. 2). Aspect poudreux : | |
| *a*) Filaments mycéliens qui agglomèrent les soies terminales et les grains, avec adhérence aux spathes................ | *Giberella zeae (Fusarium graminearum)* [1] |
| B. Altérations sur des grains dispersés sur les épis, ou en petits groupes (fig. 2). Aspect poudreux : | |
| *b*) Coloration blanche, mauve ou rose clair............. | *G. Fujikuroi (F. moniliforme)* [1] |
| *c*) Coloration rose avec petits coussinets rose vif........ | *G. Fujikuroi* var. *subglutinans (F. moniliforme* var. *subglutinans)* [1]. |
| *d*) Revêtement blanc mat, farineux (fig. 3), avec odeur écœurante............................................ | *Fusarium poae.* |
| **II. — Coloration noire ou foncée.** | |
| *a*) Grains d'un noir brillant, par groupes assez nombreux, accompagnés de grains portant de petits points noirs (fig 3).. | *Physalospora Zeicola (Diplodia frumenti)* [1]. |
| *b*) Aspect poudreux ; grains ridés, rachis désorganisé, petites plages noires................................ | *Nigrospora oryzae.* |
| **III. — Grains isolés recouverts de moisissures.** | |
| Noir verdâtre............................................ | *Cladosporium herbarum.* |
| Vertes ou jaunes.......................................... | *Penicillium, Aspergillus.* |
| Noires.................................................... | *Rhizopus.* |

Les quatre champignons du groupe I se cultivent assez facilement sur milieu gélosé, et l'on obtient des conidies caractéristiques ; de plus, la production de pigments est favorisée par l'addition d'extrait de malt aux milieux gélosés et l'on a ainsi les distinctions suivantes :

*G. zeae* : Pas de microconidies. Macroconidies naissant par quatre ou cinq sur le mycélium, ou plus tard en sporodochium. Mycélium blanc ou jaune, pigment carmin vif (fig. 13A).

*G. Fujikuroi* : Microconidies abondantes en longues chaînes et en fausses têtes. Macroconidies et sporodochiums très rares. Mycélium blanc. Pigment bleuâtre ou mauve clair (fig. 13D).

*G. Fujikuroi* var. *subglutinans* : microconidies abondantes en fausses têtes, jamais en chaînes. Sporodochiums de macroconidies fréquents, roses, pigment violet foncé (fig. 13E).

*F. poae* : Microconidies piriformes sur des conidiophores en forme de bouteille. Macroconidies très rares. Pigment carmin vif, mycélium blanc abondant (fig. 13 F).

Ces caractères de coloration peuvent varier dans chaque espèce. Nous avons obtenu dans nos cultures une souche de *G. zeae*, complètement incolore. Pour *G. Fujikuroi* la coloration va du bleu très pâle au mauve foncé.

En ce qui concerne les Gibberella, et en particulier pour la dénomination de la forme conidienne, nous avons adopté celle qui a été donnée par Wollenweber et Reinking (10) dans leur identification classique des Fusarium (1935). Les 143 espèces, variétés ou formes qu'ils ont distinguées dans le genre *Fusarium* ont pu être regroupées dans un travail

[1] Dénomination la plus courante de la forme conidienne.

plus récent de SNYDER et HANSEN (11) utilisant en grande partie les mêmes bases, sous 42 dénominations ; selon cette nomenclature, nous aurions alors :

— *Gibberella zeae* = *G. roseum* forme *cerealis* avec *Fusarium roseum* f. *cerealis* ;

— et *Gibberella Fujikuroi* = *G. moniliforme* avec *Fusarium moniliforme*.



FIG. 3. — Épis portant le revêtement farineux du *Fusarium poae* (à gauche) ; sur l'épi de droite, les grains noirs sont envahis par le *Physalospora zeicola* (II *a*).

La forme *subglutinans*, à laquelle ils n'accordent pas le rang de forme spéciale, est rattachée à cette espèce « moniliforme » ; nous signalerons qu'en culture, nous avons obtenu les aspects intermédiaires, ce qui est en accord avec leur opinion et nous incite donc à la tenir en considération.

D'après SNYDER et HANSEN, *Fusarium tricinctum* serait l'équivalent de *F. poae* que nous avons rencontré toujours associé à un acarien *Pediculopsis graminum* ainsi qu'il a déjà été signalé dans des cas de pourriture de boutons d'œillets (12).

Les périthèces des Gibberella (fig. 13 B et C) se forment sur les tiges de maïs et se rassemblent le plus souvent au voisinage des nœuds. En

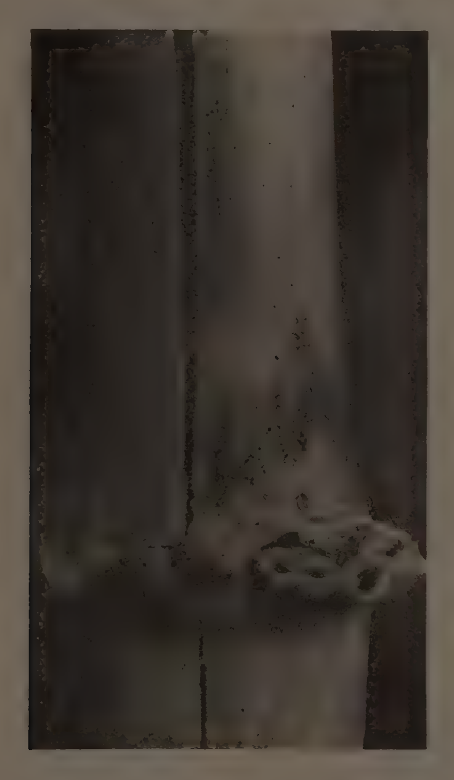


FIG. 4. — Périthèces de *Gibberella zeae* sur W. 355 (Montfort, Landes, 1953).

1949, c'est seulement assez tard en hiver que nous avons trouvé des périthèces de *G. zeae* soit sur les tiges arrachées et conservées au laboratoire, soit sur celles qui restèrent au dehors, non enfouies et soumises à toutes les intempéries. Il arrive qu'ils se forment plus tôt : nous en avons trouvé sur les grains lors de la récolte des maïs en octobre 1951, puis en 1952, à Saint-Martin-de-Hinx ; sur les tiges (fig. 4) nous en avons observé dans le courant de l'été sur W 355 à Montfort (Landes) en 1953 ; on en trouve aussi quelquefois à la fin de l'été sur les épis. Ce sont, en général, les souches donnant des périthèces avant l'hiver, dans la nature, qui per-

mettent d'en obtenir facilement en culture. Nous n'avons jamais observé de périthèces mûrs de *G. Fujikuroi*, ils sont sans doute beaucoup moins fréquents dans la nature, mais on observe souvent sur les tiges et dans les cultures en milieu artificiel, de petits sclérotes bleus qui sont sans doute des périthèces immatures.

Ces organismes se maintiennent aussi par persistance de filaments mycéliens soit dans les tiges, soit dans les épis où leur extension se poursuit après la récolte tant que le taux d'humidité reste élevé. De sorte que l'infection des jeunes plantes peut provenir des sols où persistent des débris de plantes malades aussi bien qu'avoir pour origine les grains prélevés sur des épis malades. Les auteurs américains (13 et 14) estiment en particulier que l'infection des épis résulte du transport par le vent des conidies, éléments fort légers, qui se forment en grand nombre sur les jeunes plantes et les bases de tiges malades. Au printemps 1952, dans une culture faite sur défrichement de lande à sous-sol tourbeux très humide, de jeunes maïs d'une vingtaine de centimètres de hauteur, présentaient au collet et sur les racines des attaques de *Fusarium moniliforme* qui, à l'humidité, donnait de nombreuses conidies.

De plus, entre la ligule des feuilles, leur gaine et la tige, se forment souvent des amas de pollen et de poussière humide où nous avons constaté fréquemment, en été, un développement mycélien blanc rosé ; c'est donc là un relais saprophytique du Fusarium qui facilite sa pénétration en parasite sur les divers organes. En août et septembre 1950, sur les gaines des feuilles, des plages rouge violacé, sans limites définies, mais assez étendues, avaient retenu notre attention. Les isolements effectués nous ont permis de caractériser en culture pure, l'hiver suivant, le *Fusarium moniliforme*.

Les attaques sur les spathes et sur les soies après la pollinisation, sont d'autres jalons qui précèdent l'infection des épis ; celle-ci peut encore être facilitée par les perforations dues aux chenilles de Sésamie et de Pyrale dont les galeries, creusées dans le rachis ou en surface des grains, servent ensuite à l'extension du mycélium.

Nous avons trouvé les atteintes du *Gibberella zeae* dans toutes les régions où le maïs est de culture courante dans le Sud-Ouest, depuis les vallées de la Dordogne, du Lot et de la Garonne jusqu'aux régions pyrénéennes montagneuses, à partir du Pays basque et jusqu'au Couserans vers l'Est. Les dégâts varient avec les années ; la chaleur de l'été, selon DICKSON, serait le facteur déterminant la gravité des invasions. Les atteintes les plus importantes, jusqu'ici, ont été celles de l'année 1949, très marquées sur les hybrides les plus précoces et sur Grand Roux Basque, plus sensible que Wisconsin 464. Sur Doré de Gomer, en 1951, rares furent les tiges altérées fin octobre, un début de désorganisation au-dessus du premier entre-nœud ne provoquait pas de verse.

## II. — *a*) LES DIPLODIA

Les publications américaines les plus récentes des spécialistes tels que Dickson (13) et Ullstrup (14) soulignent l'importance de pourritures sèches des épis dans le Corn-belt. Deux organismes sont fréquents : le *Diplodia zeae* (Schw.) Lév. est le plus courant tandis que le *Diplodia macrospora* Earle serait limité aux régions méridionales plus chaudes et plus humides.

Selon B. Koehler (20) dans l'Illinois, depuis 1946, le *Diplodia zeae* dispute au *Gibberella zeae* la première place comme cause des pourritures de tiges, entraînant la mort prématurée des plantes. Dans l'Indiana, Ullstrup (19) a étudié depuis 1933 des pourritures sèches de l'épi identifiées seulement en 1946 au *Macrophoma zeae*, rattaché à la forme parfaite *Physalospora zeae*. La dénomination de « pourriture grise » de l'épi lui est donnée par Ullstrup (19 et 14) pour la différencier d'une attaque d'un autre *Physalospora*, le *P. zeicola* (*Diplodia frumenti*) étudié en Floride depuis 1928 dans les parcelles expérimentales de Gainesville par Eddins (16 et 17).

Il ne nous est pas arrivé jusqu'ici de trouver le *Diplodia zeae*, ni le *Diplodia macrospora* tandis que l'un de nous a isolé *Diplodia frumenti*, en 1952, d'un épi de maïs en provenance de Castelnaudary. La coloration brune du mycélium a permis de le distinguer aisément des deux autres Diplodia à mycélium blanc, caractère souligné par Eddins (10). Des infections artificielles avec la souche Castelnaudary ont été faites sur des maïs cultivés près de la Station durant l'été 1952. Nous avons obtenu l'infection d'un épi (fig. 5) en déposant au sommet du rachis un fragment de culture, sur gélose à la farine de maïs.

En 1953, des contaminations artificielles ont été faites le 28 août sur du Wisconsin 355, dans les parcelles expérimentales à Saint-Martin-de-Hinx, avec du mycélium de la même souche ; une bûchette de peuplier servait de support au mycélium et fut enfoncée dans l'épi. La photographie (fig. 6) faite en octobre, au moment de la récolte, montre l'envahissement des spathes devenues noires à partir du sommet. Ces deux modes d'attaque correspondent, le premier à une contamination précoce, l'autre à une contamination tardive. Ce champignon est susceptible d'attaquer aussi les tiges et les feuilles.

Il nous reste à préciser l'importance économique de cette maladie et son aire d'extension dans notre région, en même temps que l'existence possible des autres Diplodia, peut-être soumise à des liaisons climatiques différentes si l'on en juge par les répartitions aux États-Unis.



Fig. 5. — Attaque de *Diplodia frumenti* sur un épi de maïs, après infection artificielle réalisée le 16 juillet à la Grande Ferrade. A droite, le même épi, vu sur l'autre face et plus grossi, montre le noircissement du rachis à la base de l'épi et dans les alvéoles, ainsi que les sclérotes du *Diplodia* parsemant les grains de petites ponctuations noires.

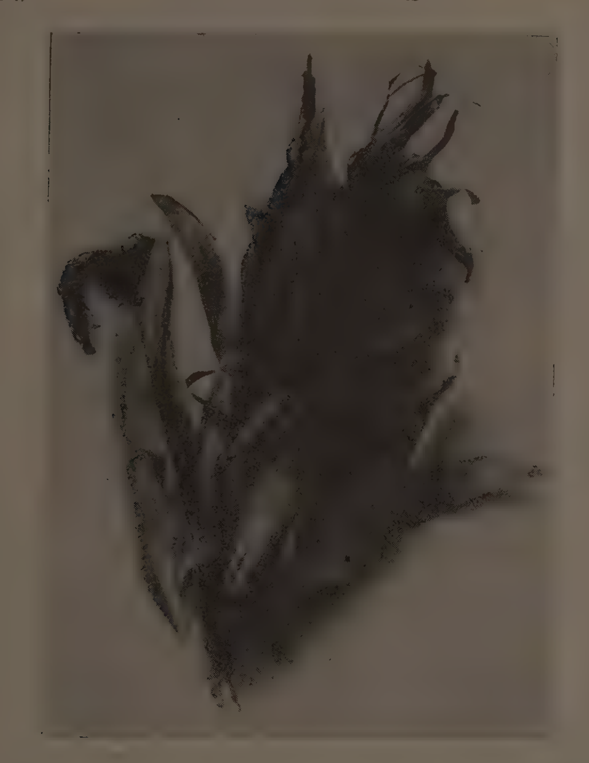


FIG. 6. — Le noircissement des spathes provient de l'invasion par le *Diplodia frumenti* : contamination artificielle faite le 28 août 1953 sur W 355.

## Les fontes des semis

Les Fusarium et les Diplodia sont également capables de provoquer des fontes de semis. Dans la plupart des cas, il ne semble pas que la contamination vienne du sol. Ce sont les grains voisins de grains pourris, dans les épis attaqués par les parasites, qui sont contaminés, bien que sains en apparence. La faculté germinative de certains lots de semences peut être ainsi fortement réduite. Les grains les plus atteints pourrissent dans le sol avant de germer ; on les retrouve fortement colorés en rouge, en violet ou en noir. D'autres donnent une plantule qui ne tarde pas à flétrir ; ses racines et sa tige sont envahies par le parasite qui fructifie parfois abondamment au collet (*G. Fujikuroi*). Les producteurs de semences ont intérêt à éliminer de leurs récoltes les épis attaqués de Fusarium et de Diplodia. D'autre part, on peut espérer que certains traitements de semence soient capables de relever le pourcentage de germination de lots fortement atteints. Contrairement à ce qui se passe dans le

centre des États-Unis (21), nous n'avons pas observé jusqu'ici dans le Sud-Ouest de fontes de semis dues aux Pythium. Ces parasites vivent dans le sol et attaquent les jeunes plantes à leur premier stade. Ils sont virulents surtout quand la température du sol est inférieure à 10° (22). Dans le Sud-Ouest, les dates de semis sont telles, étant donné le climat, que les Pythium trouvent sans doute rarement l'occasion d'exercer leur rôle parasitaire ; par contre, des isolements ont été faits à partir de maïs cultivés dans le Bassin Parisien, par les chercheurs de la Station Centrale de Pathologie Végétale.

### *b*) LE NIGROSPORA

D'autres altérations caractérisées par une couleur foncée peuvent être causées par des Nigrospora.

Nous n'avons eu jusqu'ici à constater que de rares attaques sur des épis en conservation et provenant de Bresse ou du Sud-Ouest, comme nous l'avons déjà signalé en 1949 (2). Mais il s'agit là d'une maladie qui, en Europe, a causé des dégâts en Roumanie et en Italie, depuis 1930. Aux États-Unis, elle est moins importante que les autres pourritures d'épis ; selon DICKSON et ULLSTRUP (13 et 14) c'est avant tout une pourriture du rachis qui n'apparaît qu'après la récolte. Le rachis devient friable et gris, tandis que les grains se rident et se détachent aisément des loges noircies.

Le parasite dénommé *Nigrospora oryzae* — et synonyme de *Basisporium gallarum* décrit par MOLLIARD en 1909 (24) — donne des conidies noires, sphériques, de 10 à 15 ou 20 µ.

SAVULESCU et RAYSS (25) ont reconnu sur les épis encore riches en eau, même dans les greniers, que les spores sont transportées entre les grains par l'Alucite des céréales, *Sitotroga cerealella*. Ils ont constaté aussi (26) que l'humidité fin août et septembre favorise extrêmement l'infection.

## III. — LES MOISISSURES DES GRAINS

Dans les mêmes conditions d'humidité, sur les épis tombés à terre ou dans les greniers, se développent les saprophytes qui donnent lieu d'abord à des moisissures de surface, pénètrent ensuite entre les grains où les alucites les transportent aussi. C'est ainsi que les *Penicillium* recouvrent les grains de masses granuleuses bleu verdâtre, tandis que le *Cladosporium* donne un gazon court noir olivâtre, qui devient franchement noir et plus haut avec le *Rhizopus*.

On évitera ces moisissures durant la conservation en tenant compte

du taux d'humidité des grains : jusqu'à 18 p. 100, il est possible de conserver les épis dans des cribs ventilés, tandis qu'à un taux supérieur, il faut les soumettre à une dessiccation artificielle.

## IV. — LA POURRITURE CHARBONNEUSE

Nous avons vu que les Gibberella et les Diplodia s'attaquent à toutes les parties du maïs, racines, tiges, gaines des feuilles, épis. Mais il existe des organismes qui déterminent seulement des pourritures des tiges et des racines ; tel est le *Macrophomina phaseoli*, agent causal de la pourriture charbonneuse.

La pourriture charbonneuse détruit la zone corticale des racines et la moelle des tiges ; à l'intérieur, on retrouve seulement les faisceaux libéro-ligneux auxquels la présence de nombreux petits sclérotes noirs donne un aspect grisâtre (fig. 7). Depuis une dizaine d'années, les dégâts sur maïs sont importants en Roumanie, en Italie et dans le sud des États-Unis où la maladie est dénommée **charcoal-rot** (2 et 13).

Le parasite, *Macrophomina phaseoli*, a été étudié tout d'abord dans les régions chaudes des divers continents (Tunisie, Palestine, Indes, Texas), sur des plantes cultivées très diverses, où l'on n'observe le plus souvent que sa forme stérile, *Sclerotium bataticola* (27). Les pycnides qui apparaissent très rarement contiennent des spores d'abord unicellulaires, hyalines (*Macrophomina phaseoli*) et qui, en mûrissant, deviennent bicellulaires, brunes (*Botryodiplodia phaseoli*) (49). Les dégâts de la forme stérile sur les pommes de terre ont été remarqués en France depuis 1943 par les pathologistes d'Antibes et de Montpellier (32). A l'arrachage, les tubercules présentent, autour des lenticelles, des auréoles gris ardoisé qui deviennent confluentes et correspondent à un noircissement de la chair. La pourriture des tubercules est rapide ; l'infection des stolons donne lieu à un flétrissement rapide des tiges avec apparition de petits sclérotes. A l'occasion d'études diverses, ces mêmes auteurs ont pu isoler le Macrophomina à partir d'aubergines, de poivrons et de Gilia.

Sur maïs, nous l'avons isolé en 1950 à partir de tiges à coloration interne grisâtre de la variété Indiana 210 C, récoltée près de Labenne (Landes). En 1951, M. ALABOUVETTE l'a remarqué dans ses collections variétales à Montpellier (31). En septembre 1952 et octobre 1953, nous en avons trouvé au niveau de la vallée moyenne de la Garonne, dans les départements des Landes, du Gers, du Lot-et-Garonne (Colayrac, Villeneuve-sur-Lot), du Lot et du Tarn-et-Garonne aussi bien dans les cultures en coteau que dans les plaines. Il est difficile d'apprécier l'importance des dégâts dans notre région et de lier ces attaques aux conditions locales de climat auxquelles on le supposait inféodé (32).

Dans le sud des États-Unis, le Macrophomina est considéré comme

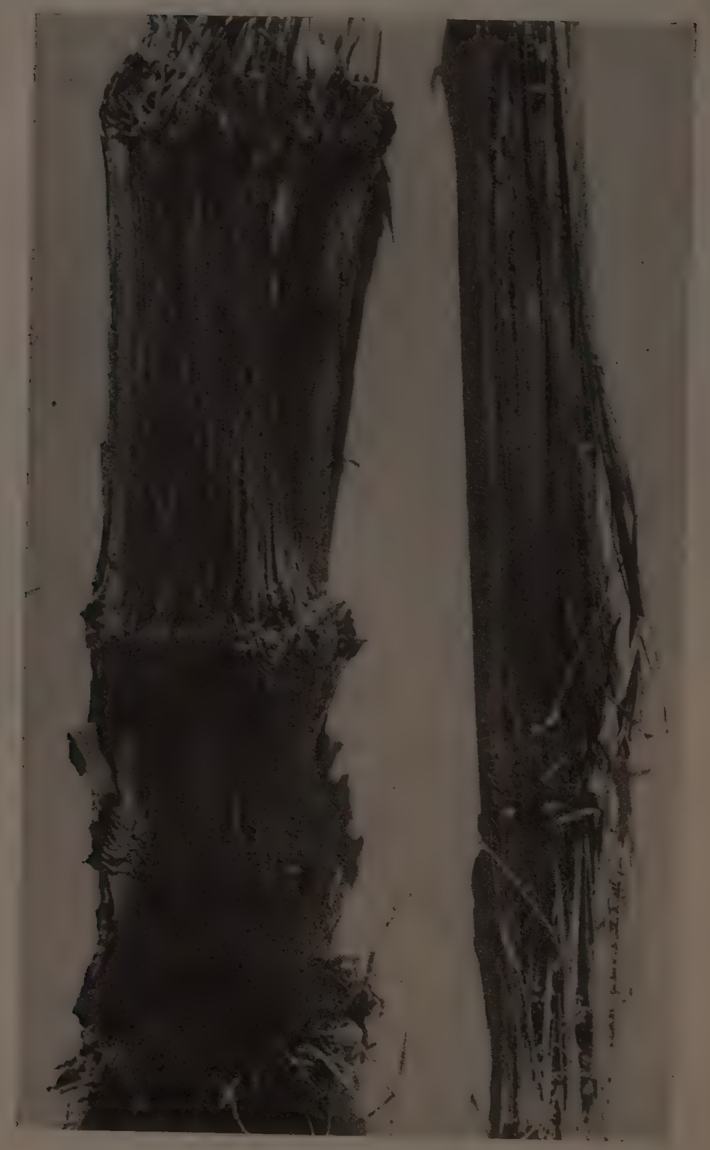


FIG. 7. — Pourriture charbonneuse sur tige ; la désorganisation ne laisse subsister que les fibres portant des petits points noirs, les sclérotes du Macrophomina (infection naturelle ; prélèvement du 15 octobre 1953 à Vic-Fezensac, Gers).

l'organisme prépondérant dans les cas de pourriture des tiges (28). Son développement est lié aux conditions thermiques beaucoup plus qu'à l'humidité ; contrairement à l'opinion de certains auteurs américains, il a même été observé dans des cultures irriguées du sud de la France et au Maroc.

La pourriture charbonneuse est aussi une maladie des sorghos, des haricots, du coton, des patates douces (30). Les constatations faites depuis 1951 au hasard des prospections dans les champs de comportement variétal et d'essais divers nous amènent à craindre que cette maladie n'existe déjà sur maïs en bien des points du Sud-Ouest et peut-être sur d'autres cultures.

## V. — L'ANTHRACNOSE DES GRAMINÉES

En 1951, lors de la récolte dans les cultures expérimentales de la Station du maïs, nous avions remarqué que certains épis présentaient à la base des plages noires portant de petits amas roses. C'étaient là les fructifications du champignon parasite, *Colletotrichum graminicolum*, dont le stroma conidifère est entouré ou parsemé de soies noires ou brun foncé, avec des spores unicellulaires, en forme de croissant, uninuclées (fig. 13 en G). Quand ces conidies germent en contact avec un support solide, elles se cloisonnent, puis produisent à l'extrémité d'un filament plus ou moins long une cellule brune, à parois épaisses, appliquée sur le support. Ces cellules jouent le rôle d'appressoriums comme l'a démontré Dey (37) pour *C. lindemuthianum*. Plus résistantes que les conidies, elles peuvent également servir de chlamydospores. Il arrive que le mycélium produise directement des appressoriums sans donner de conidies. Si, au contraire, les spores germent dans un milieu liquide ou semi-liquide, elles ne donnent pas d'appressoriums, mais seulement un filament ramifié.

Les publications américaines le considèrent surtout comme un parasite grave dans les zones où l'on cultive les blés tendres d'hiver et, d'autre part, le seigle dans le centre-nord. Le seigle, l'orge et de nombreuses graminées peuvent aussi être attaquées avec développement réduit et maturité précoce des plantes qui présentent un brunissement au collet des chaumes tandis que le grain est ridé (13) ; sur avoine, il peut y avoir pourriture des racines (33). Notre attention, ainsi attirée sur cette maladie, nous avons trouvé en 1952 de nombreuses atteintes sur feuilles de maïs où le Colletotrichum détermine de nombreuses petites taches de couleur gris clair, cernées de brun (fig. 8). Les gaines des feuilles aussi bien que les limbes présentaient ces petites taches ; tandis qu'à la base des tiges, nous avons observé vers la mi-octobre des plages noires sans conidies (fig. 9 et 10), sortes de stromas qui seraient peut-être une des

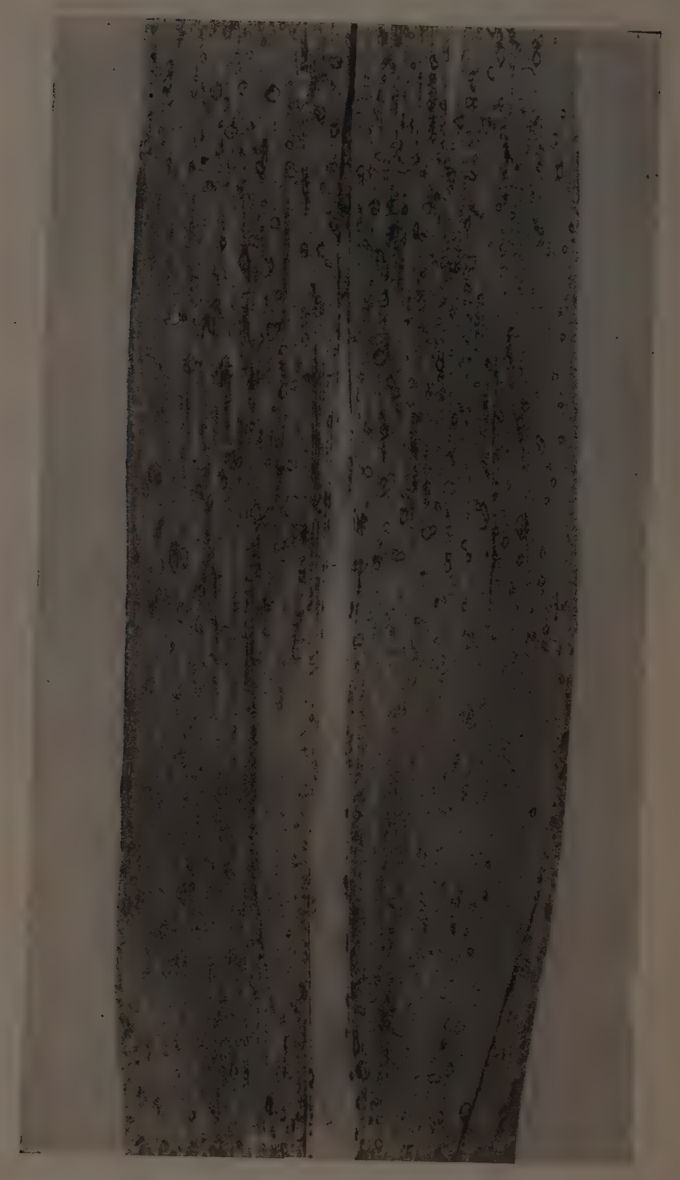


FIG. 8. — Anthracnose des graminées ; attaque sur feuille de maïs caractérisée par les petites taches claires, à bordure plus foncée (1952, Saint-Martin-de-Hinx).

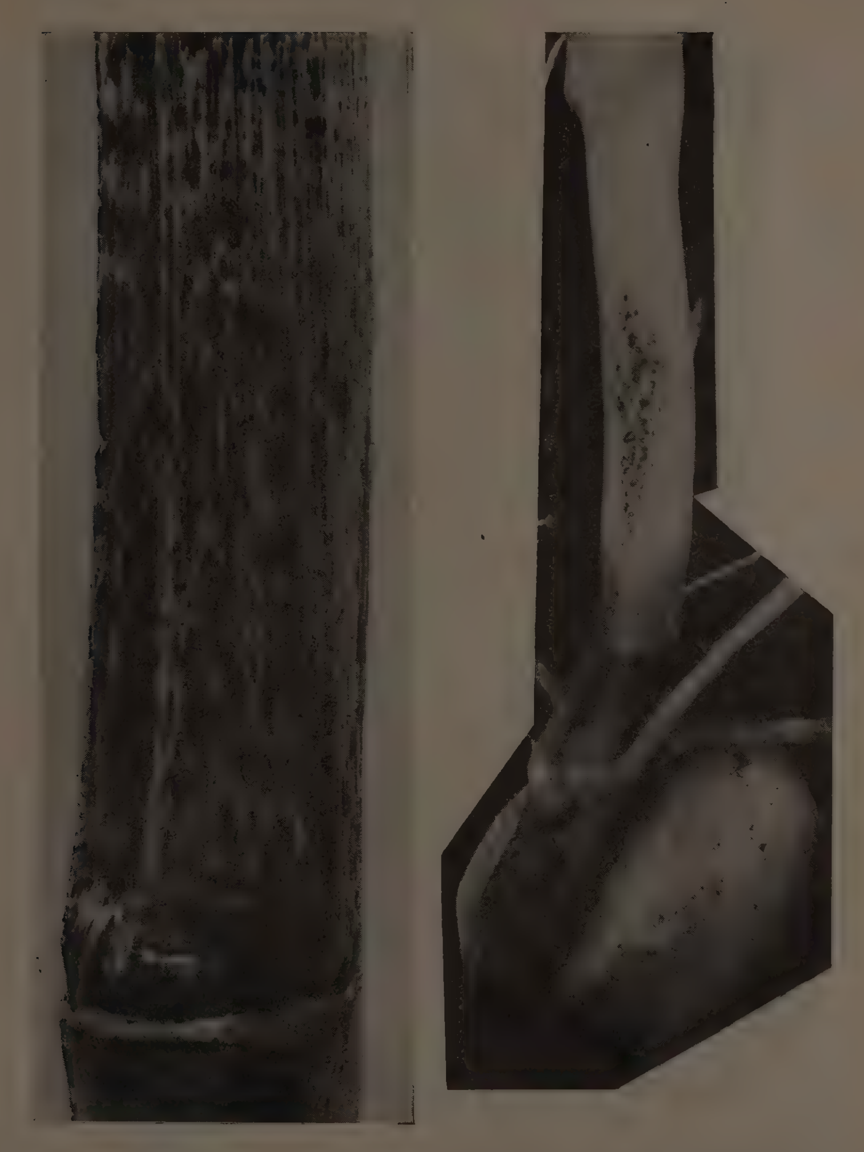


FIG. 9. — A gauche, tige de W 355 prélevée en octobre et qui porte les plages noires résultant d'une infection artificielle d'Anthracnose réalisée le 20 juillet 1953. Saint-Martin-de-Hinx. A droite, début d'infection artificielle sur jeune plantule de W 355. L'Anthracnose envahit la tigelle où le *Colletotrichum* forme ses stromas conidiens, en groupes de ponctuations noires (comme pour la figure 10).

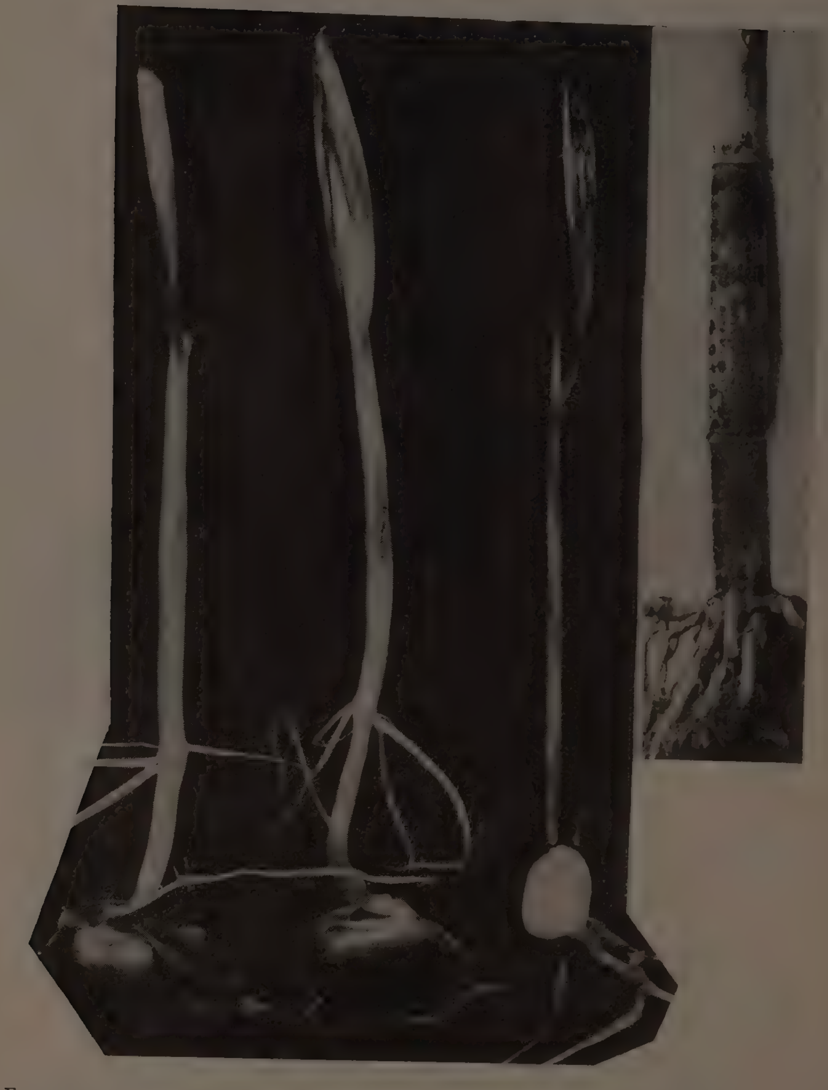


FIG. 10. — Tige de maïs italien avec plages noires d'Anthracnose, récoltée à Beaumarchès (Gers), octobre 1953, à rapprocher de la figure 9. A côté, plantules de maïs contaminées par le *Colletotrichum graminicolum* en culture pure. Janvier 1954.

formes de persistance pendant l'hiver. Nous avons rencontré ces divers types d'attaques dans toute la zone de culture du maïs au sud de la Garonne, dans les départements du Gers, des Hautes et Basses-Pyrénées. Avec une des souches d'anthracnose provenant de Saint-Martin-de-Hinx, nous avons fait, durant l'hiver 1952, des contaminations en serre sur maïs, sorgho à balai, blé, orge, seigle et avoine. Dans ces conditions, le parasite attaque très violemment le maïs, provoque sur le sorgho à balai l'apparition de petites taches nécrotiques entourées d'une zone rouge et laisse indemnes les autres céréales. On peut donc supposer que les souches de *Colletotrichum graminicolum* du Sud-Ouest ont pour hôtes le maïs et accessoirement le sorgho et n'attaquent pas le blé, l'avoine, l'orge et le seigle.

Il serait bon de réduire maïs et sorghos dans les assolements et d'enfouir les chaumes assez profondément ou de les brûler après la récolte.

## VI. — LA « BRULURE » DES FEUILLES

Nous adopterons cette dénomination pour la maladie causée par l'*Helminthosporium turcicum* PASS.. parce qu'elle a été appelée ainsi par DUCOMET (34) qui fut le premier à l'étudier en France de 1900 à 1903. La maladie, écrit-il en 1903, « est caractérisée par une dessiccation des feuilles qui, très localisée au début, se généralise peu à peu, au point que, dans une quinzaine de jours, une récolte entière peut être complètement grillée comme dans le cas d'une gelée trop peu intense pour atteindre la tige. C'est ce qui nous a décidé à désigner cette affection sous le nom de **Brûlure** plus expressif que celui de **Nebbia** (brouillard, nuage) employé en Italie où elle a été constatée pour la première fois aux environs de Parme en Sicile et retrouvée ensuite aux environs de Paris (35).

A notre connaissance, DUCOMET n'a pas observé d'autres attaques de cette « brûlure du maïs » dont il a parlé très brièvement dans son opuscule sur « les maladies des céréales » où il la range dans le groupe des « nuiles » sur orge, avoine et maïs (36). Nous l'avons reconnue en 1952, à Saint-Martin-de-Hinx, début septembre sur des feuilles de maïs à grain, puis en octobre sur des maïs fourragers semés beaucoup plus tard ; dans tous les cas, nous observions en abondance les conidies de l'*Helminthosporium turcicum* dont nous retrouvions les dégâts quelques semaines après, dans les champs de maïs en bordure des Pyrénées et aussi dans la zone élevée du Pays Basque (Sare et Trois-Villes). En 1953, dans les mêmes régions, nous avons constaté des attaques moins importantes, mais très caractéristiques.

Les limbes des feuilles présentent des plages allongées, irrégulières, assez souvent plutôt ovales que linéaires, de couleur grisâtre et finale-



FIG. 11. — Attaque d'Helminthosporiose en plein champ, à Saint-Martin-de-Hinx (octobre 1953), remarquer les plages noires sur le limbe de toutes les feuilles.

ment plutôt jaune paille. Des conidies noires se forment en abondance par temps humide et déterminent l'aspect de « suie » par lequel la maladie est parfois désignée (fig. 12). Les conidiophores sortent en bouquets de 2-6 par les stomates, à la surface des taches ; ils sont simples, robustes,

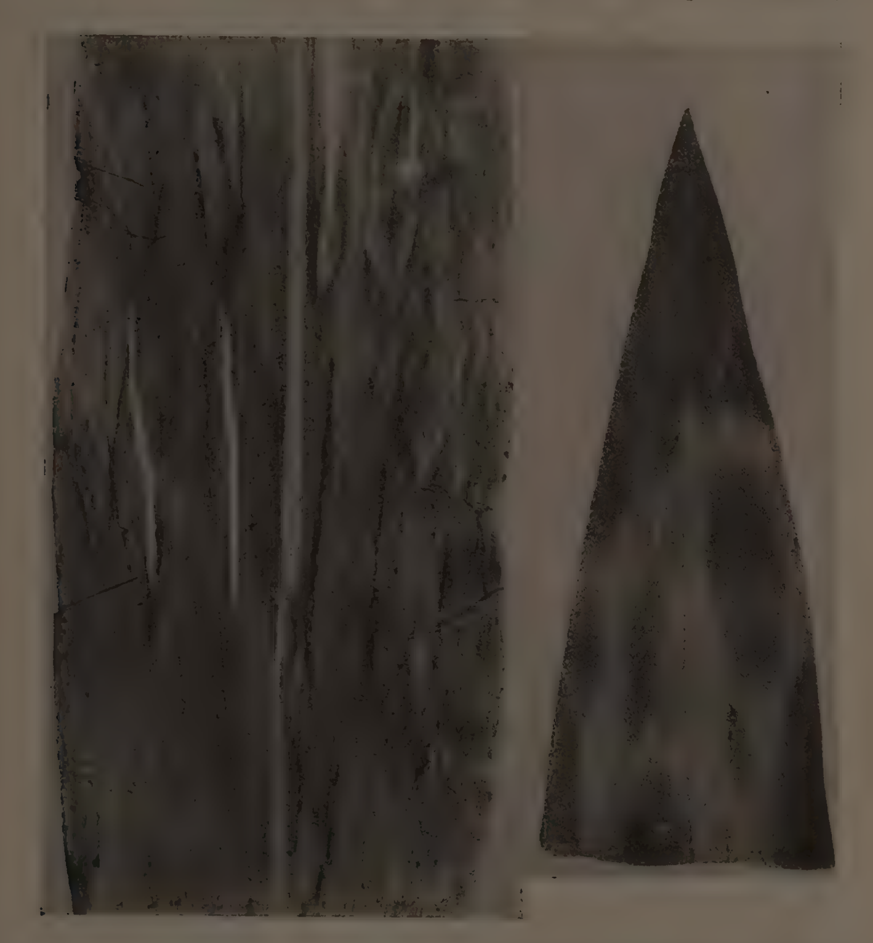


FIG. 12. — Limbes de feuilles atteintes d'Helminthosporiose sous les deux aspects : « brûlure » à gauche, attaque à Saint-Martin-de-Hinx, 1952, et « suie » à droite, qui correspond au stade de la figure 11.

de couleur olivâtre, dressés ou parfois flexueux, d'une longueur pouvant dépasser 175 μ, avec 2 à 4 cloisons transversales. Ils portent des conidies pluriseptées, olivâtres, presque toujours fusiformes, à germination terminale (I, fig. 13). DUCOMET a montré que le mycélium occupe d'abord le parenchyme, puis envahit les faisceaux libéro-ligneux, où sa

croissance se fait facilement selon les éléments vasculaires, ce qui détermine la formation des taches allongées. Il y a enfin convergence vers les chambres sous-stomatiques et sortie des conidiophores par les stomates, qui sont aussi les portes d'entrée les plus fréquentes.

L'*Helminthosporium turcicum* décrit en Italie en 1876 par PASSERINI, reconnu ensuite comme identique à l'*Helminthosporium inconspicuum* CKE et ELL, a été constaté dans les pays chauds sur maïs et sorghos (38 et 39). Dans les Indes, BUTLER le note dans de nombreuses parties et déclare que c'est la seule maladie qu'il ait rencontrée tous les ans à Pusa. Il a été signalé aussi, selon WOLLENWEBER (38), au Japon, aux Iles Philippines, en Afrique du Sud, et plus récemment à Madagascar (42) et en Afrique Équatoriale Française (43). De nombreuses espèces d'Helminthosporium sont connues comme parasites des céréales, trois d'entre elles sont fréquentes sur les maïs aux États-Unis, ce sont :

— L'*Helminthosporium turcicum* ;

— L'*Helminthosporium maydis*, rattaché à la forme périthèce *Cochliobolus heterostrophus* (= *Ophiobolus heterostrophus*) ;

— L'*Helminthosporium carbonum* décrit en 1944 par ULLSTRUP (41) après une épidémie dans le Corn-belt en 1942.

Les pathologistes américains attribuent des distributions géographiques différentes aux trois Helminthosporium reconnus dans leur pays, l'*Helminthosporium turcicum* étant plus répandu dans l'Est (13, 14 et 44). Les dégâts sont très variables selon les années ; les plus importants, semble-t-il, ont été précisés dans l'État d'Ohio, sur l'hybride Indiana 614 dont 316 acres étaient cultivés pour la semence en 1938 et se trouvèrent réduits à 11, en 1942, en raison de l'extension du parasite (40).

Dans notre région, il est évident que ce parasite se maintient pendant de longues périodes sans dégâts apparents et sans extension marquée ; DUCOMET le signalait déjà pour l'Italie pendant les 30 années précédant son article d'avertissement (34) et nous devons le reconnaître à notre tour pour le Sud-Ouest depuis cette même date, 1903, soit depuis cinquante ans.

Le problème biologique qui se pose est le mode de conservation de l'Helminthosporium ; on ne lui reconnaît pas jusqu'ici de forme parfaite ou spécialement résistante. La formation des conidies elle-même est liée à des conditions climatiques favorables ; très abondantes en 1952, nous n'en avons pas observé en 1951 sur des taches dont nous n'avions pu alors définir l'origine, mais que leur aspect caractéristique nous oblige à rattacher à la même maladie. Le champignon se maintient-il seulement dans les débris de feuilles ? ou serait-il hébergé sous une autre forme par des graminées spontanées ou d'autres céréales ?

Nous retrouvons la complexité du problème cultural qui se pose dans le Sud-Ouest pour les parasites que nous venons d'examiner.

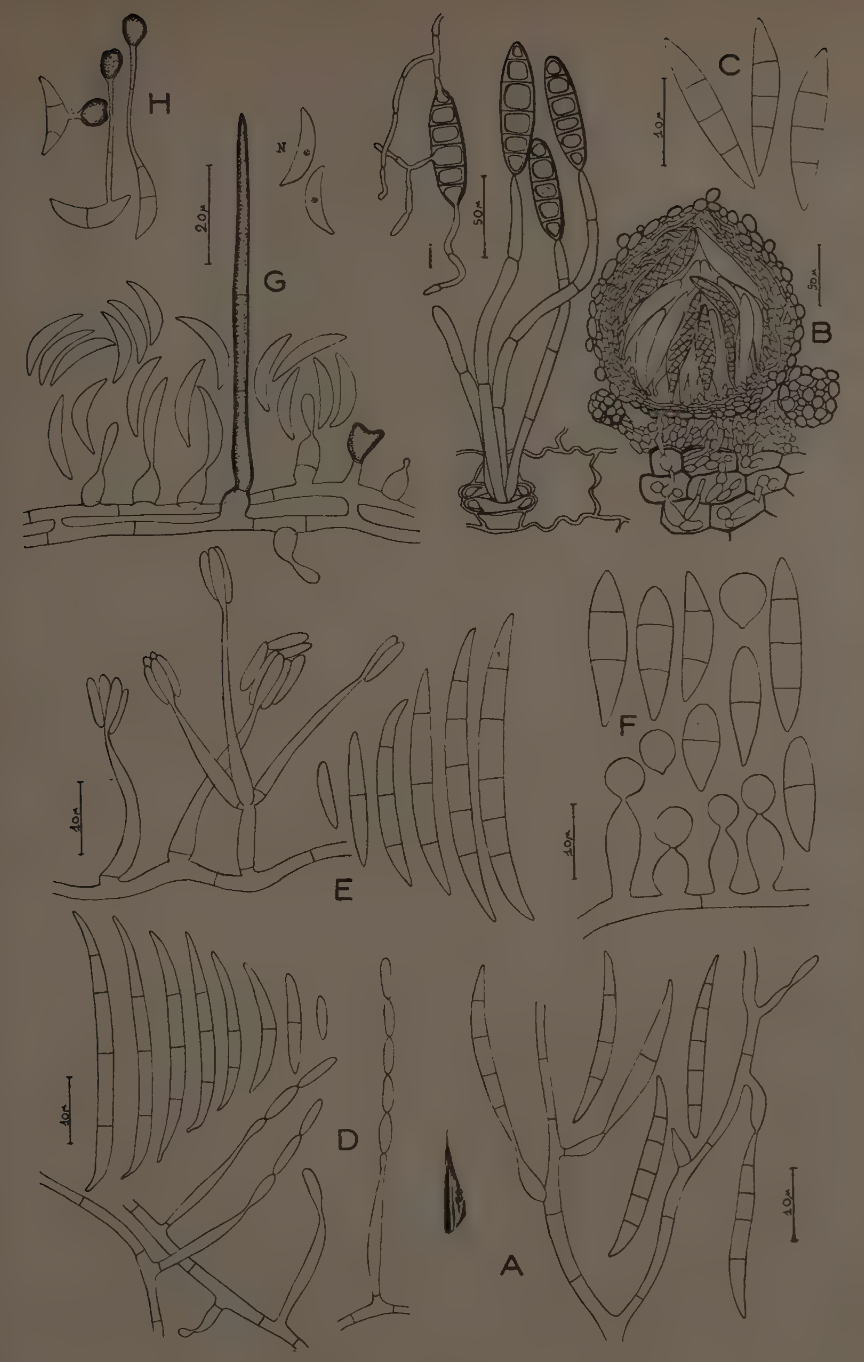



FIG. 13. — Fructifications des divers parasites,

A) *Gibberella zeae* : mycélium et conidies. — B) périthèce. — C) ascospores. — D) *Gibberella Fujikuroi* : mycélium, microconidies, passage des microconidies aux macroconidies. — E) *Gibberella Fujikuroi* f. *subglutinans* : mycélium, microconidies, passage des microconidies aux macroconidies. — F) *Fusarium poae* : mycélium, microconidies et macroconidies. — G) *Colletotrichum graminicolum* : jeune acervule et spores ; en N spores avec leur noyau . — H) germination, production des appressoriums. — I) *Helminthosporium turcicum* : conidiophores sortant d'un stomate, conidies, germination (d'après DUCOMET).

## VII. — CONCLUSIONS

Depuis le rapport de 1949 sur les parasites du maïs, des observations sur leur présence en France et des faits concernant leur biologie ont été rassemblés, surtout en ce qui concerne les cultures du Sud-Ouest de la France. Ce milieu-là favorise la persistance de plusieurs parasites dont certains se développent et fructifient seulement lorsque l'humidité est importante, soit dans le sol , lors de la levée des grains, soit dans l'atmosphère avant la maturité complète, tandis que d'autres causent des dégâts surtout à l'occasion d'étés très chauds.

Les études génétiques intensifiées en France depuis 1948 à partir des travaux antérieurs de la Station du Maïs (4) tiennent compte de la sensibilité à la verse parasitaire et à la pourriture charbonneuse, plus grande chez nos maïs à grain vitreux que chez les maïs dentés américains. Aussi, l'un des buts à atteindre, ainsi que l'indiquait en 1952 le Pr ALABOUVETTE (31) est-il la réalisation d'hybrides franco-américains, à partir d'hybrides simples, l'un à grain denté, l'autre à grain corné. L'obtention d'hybrides résistants serait une amélioration notable pour les zones comme le Sud-Ouest où le Gibberella est aussi répandu que le charbon.

L'enrobage des semences par des poudres anticryptogamiques est un procédé efficace contre certaines fontes des semis ; car les essais effectués à la Station depuis 1949 nous donnent une certitude seulement quant à leur action contre le *Gibberella zeae*, ainsi qu'il a été exposé par l'un de nous (45) en décembre 1953. Cette désinfection des semences n'a qu'une action indirecte et restreinte sur les pourritures des tiges et des épis, apparemment nulle sur le Diplodia et le Macrophomina, tout comme sur le Charbon, l'Helminthosporiose et l'Anthracnose.

Pour être judicieux, un enrobage doit être fait avec le produit choisi en fonction du parasite dont l'existence a été constatée dans la région : le thirame (= disulfure de tétraméthylthiurame) à 50 p. 100 dans les poudres commerciales, protège surtout les jeunes plantules contre les Pythium du sol dont l''existence a été décelée dans la zone nord de culture du maïs (23), tandis qu'il faut utiliser contre le *Gibberella zeae* les organo-mercuriques en notant bien que l'application doit être faite peu de jours avant le semis, sous peine de toxicité vis-à-vis des embryons et de perte à la germination (32). Les travaux en cours dans les diverses stations de recherches nous permettront de préciser ce choix.

Mais ce traitement des semences ne doit être considéré que comme un complément ; il faut tout d'abord utiliser pour la semence des épis sains. Pour cela, les épis de semences devraient être, non seulement d'apparence saine, mais prélevés sur des plantes saines ; en particulier, il faudrait écarter tous les épis portés par des tiges versées ou cassées ou même ayant

des pédicelles pourris ou brisés. Rappelons que dans le corn-belt américain, un triage à la main, sur tapis roulant, précède « le séchage qui constitue l'opération capitale en vue de la conservation ». C'est ce qu'ont pu constater les techniciens lors de leur voyage de mission (47, 48) et qui a été précisé à nouveau à Clermont-Ferrand lors des réunions des experts en 1951 (46). Le séchage artificiel, dès leur récolte, devrait être fait sur toutes les semences pour amener leur teneur en eau à 11 p. 100 et assurer une bonne conservation dans les entrepôts.

Nous avons signalé la persistance sur les chaumes pendant l'hiver, ou dans le sol, ou sur les fumiers, de plusieurs cryptogames ; cela nous amène à insister sur l'amélioration sanitaire qui résulterait pour le Sud-Ouest de l'incinération des tiges dès l'automne et de l'abandon des pratiques anciennes où le maïs persiste dans les champs jusqu'au printemps suivant.

*Reçu pour publication le 5 juin 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

Nous ne citerons ici que les ouvrages et travaux auxquels nous nous sommes référés en complément des bibliographies publiées dans les Comptes rendus du IIe Congrès International du Maïs, Pau, 1949, à la suite des rapports de M. LANSADE et de Mlle GAUDINEAU (2) et dans la mise au point de 1950 (3).

(1) LANSADE (M.). — Observations sur le charbon du maïs *Ustilago zeae* BERK. UNGER. *Comptes rendus du IIe Congrès International du Maïs*, Pau, 1949.

(2) GAUDINEAU (Mlle M.). — Les maladies cryptogamiques du maïs. *Comptes-rendus du IIe Congrès International du Maïs*, Pau, 1949.

(3) GAUDINEAU (Mlle M.). — Les maladies cryptogamiques du maïs. *Actualités Agronomiques*, série B, **1**, 119-128, 1950.

(4) ALABOUVETTE (L.) et RAUTOU. — Les hybrides américains de maïs dans les régions méridionales en 1949. *Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France*, XXXVI, **9**, 323-327, 10 mai 1950.

(5) SELBY (A. D.) et MANNS (T. F.). — Studies in diseases of cereals and grasses. *Ohio Agr. Exp. Stat. Wooster*, Bulletin 203 : 187-236, april 1909.

(6) DICKSON (J. G.) et JOHANN (H.). — Production of conidia in *Gibberella saubinetii*. *Journ. Agric. Res.*, XI, 5, June, 1920.

(7) BENNETT (F. T.). — *Gibberella saubinetii* (Mont.) Sacc. on British cereals. *Ann. appl. Biol.*, **17**, 43-58, 1930.

(8) VORHEES (R. K.). — *Gibberella moniliformis* on Corn. *Phytopath.*, **23**, 268-278, 1933.

(9) ULLSTRUP (A. J.). — The occurrence of *Gibberella fujikuroi* var. *subglutinans* in the U. S. A. *Phytopath.*, XXVI, 685-693, 1936.

(10) WOLLENWEBER (H. W.) et REINKING (O. A.). — Die Fusarien. Paul Parey, Berlin, 1935.

(11) SNYDER et HANSEN. — The species concept in Fusarium. *American Journal of Botany*, 27, 2, 64-67, 1940. *Ibid.*, **28**, 9, 738-742, 1941. — *Ibid.*, **32**, 10, 657-666, 1945.

(12) COOPER (K. W.). — Relations of *Pediculopsis graminum* and *Fusarium poae* to central bud rot of carnations. *Phytopath.*, **30**, 853-857, 1940.

(13) DICKSON (J. G.). — Diseases of field crops. McGraw Hill Book Company New York, 1947, p. 65-98.
(14) ULLSTRUP (A. J.). — Diseases of Dent Corn in Indiana. *Purdue University, Agric. Expt Stat. Lafayette, Indiana, St. cir.* **359**, 27 p., 21 fig., June, 1950.
(15) DURRELL (L. W.). — Dry rot of Corn. *Iowa Agric. Expt. Stat. Research Bull.*, **77**, p. 346-376, 1923.
(16) EDDINS (A. H.). — A new Diplodia ear rot of corn. *Phytopath.*, **20**, 733-742, 1930.
(17) EDDINS (A. H.) et VORHEES (R. K.). — *Physalospora zeicola* on corn and its taxonomic and host relationship. *Phytopath.*, **23**, 63-72, 1933.
(18) SEMENIUK (G.). — Development of *Diplodia zeae* and *Gibberella saubinetii* in maize pith following stalk inoculations. *Phytopath.*, **31**, 20, 1941.
(19) ULLSTRUP (A. J.). — An undescribed ear rot of corn caused by *Physalospora zeae*. *Phytopath.*, **36**, 201-212, 1946.
(20) KOEHLER (B.). — Corn stalk and ear rot studies in improved techniques in hybrid and corn production. *5th Hybrid Corn Industry Research Conference*, held in Chicago, Illinois, November 28 and 29, 1950.
(21) DRESCHLER (C.). — *Pythium graminicolum* and *P. arrhenomanes*, *Phytopath.*, XXVI, 676-684, 1936.
(22) HOPPE (P. E.). — Differences in Pythium injury to corn seedling at high and low soil temperatures. *Phytopath.*, **39**, 77-84, 1949.
(23) PONCHET (J.). — Les maladies cryptogamiques du maïs. *Agriculture*, n° 153, 31-33, janvier 1954.
(24) MOLLIARD (M.). — *Basisporium gallarum* n. g. n. sp. (*Bull. Soc. Mycol. Fr.*, XVIII, 167-170, 1902.
(25) SAVULESCU (Tr.) et RAYSS (T.). — Contribution à la connaissance de la biologie de *Nigrospora oryzae* (B. et Br.) Petch parasite du maïs. Recueil de travaux cryptogamiques dédiés à L. MANGIN, Paris, septembre 1931.
(26) SAVULESCU (Tr.) et RAYSS (T.). — La résistance des différentes lignées de maïs au *Nigrospora oryzae* (B. et Br.) Petch et une méthode nouvelle pour la détermination de « l'effet parasitaire ». *Acad. Roumaine, bulletin de la section scientifique*, XVII<sup>e</sup> année, n° 7-8, 1933.
(27) REICHERT (I.) et HELLINGER. — A blight of beans in Palestine. *Yedeoth*, II, n° 1-2, Agr. Exp. St. Tel-Aviv, July, 1929.
(28) LIVINGSTON (J. E.). — Charcoal rot of corn and sorghum. *Neb. Ag. Exp. Stat.*, bull. 136, 1945.
(29) LUTTRELL (E. S.). — A pycnidial strain of *Macrophomina phascoli*. *Phytopath.*, **36**, 978-980, 1946.
(30) GOIDANICH (G.) et CANUCI (L.). — Diffusione e dannosità della *Macrophomina phaseolina* (Tavi) G. Goid. esistente quale polifago parassita in Italia. *Boll. Staz. di Pat. Veg.*, Roma, V, S. 3, 1947, 81-116, 1950.
(31) ALABOUVETTE (L.). — Où en sommes-nous en matière d'amélioration du maïs ? *C. R. de la Journée nationale du maïs de Pau*, A.G.P.M., 21-28, 8 décembre 1952.
(32) GAUDINEAU (M[lle] M.). — Observations de 1952 sur les maladies du maïs dans le Sud-Ouest. *C. R. de la Journée nationale du maïs de Pau*, A.G.P.M., 43-48, 8 décembre 1952.
(33) SANFORD (G. B.). — *Colletotrichum graminicolum* (Ces.) Wils. as a parasite of the stem and tissues of *Avena sativa*. *Sci. Agr.*, XV, 370-376, 1935.
(34) DUCOMET (V.). — La brûlure du maïs dans le Sud-Ouest. *Journal d'Agriculture pratique*, n. s., V, n° 16, 507-511, 16 avril 1903.
(35) SACCARDO (P.). — Sylloge fungorum, t. IV, p. 420 et 411, 1886.
(36) DUCOMET (V.). — Les maladies des céréales. *Manuels des Syndicats agricoles*, n° 16, Vermorel, éd., ?
(37) DEY (P. K.). — Studies in the physiology of parasitism. V. Infection by *C. lindemuthianum*. *Anna. Bot.*, **33**, 305-312, 1919.

(38) WOLLENWEBER (H. H.). — Fungi imperfecti in Sorauer : *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*, Bd III, II Teil, S. 671, 1932.
(39) CHILTON (S. J. P.). — The occurrence of *Helminthosporium turcicum* in the seed and glumes of Sudan grass. *Phytopath.*, XXX, 533-536, 1940.
(40) ELLETT (C. W.). — Leaf blight of Corn. *Phytopath.*, **33**, 407-408, 1943.
(41) ULLSTRUP (A. J.). — Further studies on a species of Helminthosporium parasitizing corn. *Phytopath.*, XXXIV, 214-222, 1944.
(42) BOURIQUET (G.). — Les maladies des plantes cultivées à Madagascar. Lechevalier, éd., Paris, 1946, p. 305.
(43) SACCAS (A. M.). — A propos de quelques champignons nouveaux saprophytes et parasites, sur maïs. *Rev. de Path. vég.* et *d'Ent. agr. de Fr.*, XXX, nº 3, 161-196, 1951.
(44) ROBERT (Alice L.), FINDLEY (W. R.) et JENKINS (MERLE T.). — *Helminthosporium turcicum* and *H. maydis* leaf blight ratings on corn at Plant Industry Station, Beltsville, Md, 1952. *Division of Cereal Crops and Diseases, Plt Exp. St. Beltsville, Maryland*, 245 CC, December 1952.
(45) LAFON (R.). — Les Fusarioses du maïs et le traitement des semences. *Revue de Zoologie agricole et appliquée*, nº 7-9, 3e trimestre 1953.
(46) LE CONTE (J.). — Réunion des experts du maïs à Clermont-Ferrand (23-27 janvier 1951). *L'Agronomie Tropicale*, VI, 3-4, 179-185, 1951.
(47) CAUDERON (A.), LASCOLS (X.) et TOUVIN (H.). — Comportement du maïs dans la région de Paris. *B. T. I.*, nº 73, 673-681, 1952.
(48) BERTIN (C.) et RAUTOU (L.). — Expérimentation réalisée sur maïs-grain en 1951 dans les régions méridionales. *B. T. I.*, nº 73, 683-690, 1952.
(49) TIRUMALACHAR (M. J.). — Pycnidial stage of charcoal rot inciting fungus with a discussion on its nomenclature. *Phytopath.* **43**, 608-610, Nov. 1953.

---

# ÉTUDE DE LA RÉTENTION DES POUDRES RÉPULSIVES PAR LE GRAIN DE MAIS

par

**R. FAURE et Mme J. GIBAN** (1)
Laboratoire des Vertébrés
et Laboratoire de Phytopharmacie, Versailles

## PLAN DU MÉMOIRE



## SOMMAIRE

La protection des semences de maïs par des poudres répulsives contre les dégâts de corbeaux avait fait, précédemment à cette étude l'objet de deux essais en nature effectués l'un en septembre 1951 à Vénestanville (Seine-Inférieure) et l'autre en mai 1952 à La Minière (Seine-et-Oise). Six spécialités commerciales avaient été employées à la dose usuelle de 200 g par quintal de semences. Elles titraient respectivement :
— 40 p. 100 de thionaphtolpyridine ;
— 33 p. 100 de diphénylguanidine ;
— 30 p. 100 de triphénylguanidine ;
— 20 p. 100 d'anthraquinone ;
— 10 p. 100 de naphtoquinone ;
— 25 p. 100 de paratoluène-sulfonamide de calcium.

A la suite des essais, il était apparu que les parcelles ensemencées avec des grains traités à l'aide de ces divers corvifuges étaient aussi attaquées que les parcelles témoin. Comme parmi les répulsifs essayés se trouvaient des produits dont nous avions eu l'occasion de vérifier

(1) Sous la Direction Scientifique de Monsieur GIBAN.

l'efficacité pour la protection des semis de blé, nous nous sommes demandé si cet échec n'était pas dû au fait que le tégument externe, lisse et légèrement cireux des semences de maïs, était peu propice à retenir les poudres répulsives. Nous avons également cherché à fixer à la surface des grains une quantité plus grande de matière active en utilisant des substances adhésives.

## I. — CONDITIONS DES ESSAIS

*a*) **Produits utilisés.** — Pour cette étude nous avons choisi un répulsif commercial titrant 33 p. 100 de diphénylguanidine, que nous désignerons plus simplement par l'abréviation $R_1$, ainsi que quelques substances adhésives : la gélatine microbiologique, l'empois d'amidon et le S.D.A. 642, adhésif commercial à base d'abiétates (résines purifiées) que des essais antérieurs nous avaient révélé être sans action nocive sur la végétation.

*b*) **Protocole des essais.** — Des lots uniformes de 250 g du maïs hybride « Wisconsin 464 » sont placés dans des flacons de verre d'une capacité de 1 500 cm³. Ils reçoivent des quantités déterminées de répulsifs et le brassage est effectué à l'aide d'un agitateur rotatif durant un quart d'heure. Dans le cas des essais avec adhésifs on ajoute alors à chaque lot une quantité connue de substance adhésive. Les lots subissent alors une seconde fois un brassage mécanique de 15 minutes. On recueille les semences avec les reliquats éventuels de poudre $R_1$ dans des sachets de papier. Une fraction de 125 g est destinée aux analyses de laboratoire pour la détermination de la quantité de poudre retenue ; l'autre est gardée en réserve.

*c*) **Méthode utilisée pour le dosage des répulsifs à base de diphényl- et de triphényl-guanidine.** — Une quantité déterminée de grains traités, variant de 25 à 100 g suivant leur teneur en diphényl ou triphényl-guanidine, est agitée dans un Erlenmeyer avec trois fractions successives de 20 ou 25 cm³ d'éther sulfurique. Ces extraits éthérés réunis sont filtrés et évaporés au bain-marie.

L'extrait sec est repris par 10 cm³ d'une solution décinormale d'acide sulfurique et chauffé légèrement au bain-marie. L'acide sulfurique en excès est titré par de la soude décinormale en présence de rouge de méthyle.

Des essais à blanc ont également été faits sur des semences de maïs non traitées et sur des semences enrobées des seuls adhésifs. Dans tous les cas les résultats ont été négatifs et nous pouvons donc affirmer que seule la matière active est dosée par la méthode employée.

*d*) **Terminologie adoptée.** — Au cours de cette étude nous avons été amené à distinguer une « rétention brute » et une « rétention effective ».

La rétention brute est la quantité de substance active (ou de poudre répulsive) retenue par le grain sitôt effectué le traitement dans les conditions que nous avons précisées.

La rétention effective est la quantité de substance active (ou de poudre répulsive) persistant à la surface des grains traités après passage dans un secoueur à alvéoles dans les conditions que nous précisons plus loin.

Dans les deux cas les rétentions sont mesurées par dosage de la matière active sur des grains prélevés un à un, à la pince, dans le lot traité.

## II. — COMPTE-RENDU DES ESSAIS

### 1° Variation de la rétention du répulsif en fonction de la dose d'emploi

Six lots de grains sont traités respectivement aux doses de 100, 150, 200, 400, 800 et 2 000 g de répulsif. Les résultats se résument comme suit :

TABLEAU I

*Rétention de la poudre par les grains*

| Quantité $R_1$ pour l'échantillon | Dose en g/q | Pourcentage resté sur les grains |
|---|---|---|
| 250 mg | 100 | 100 |
| 375 | 150 | 100 |
| 500 | 200 | 87 |
| 1 000 | 400 | 75 |
| 2 000 | 800 | 80 |
| 5 000 | 2 000 | 58 |

Pour les faibles doses d'utilisation, en dessous de la dose usuelle de 200 g/q les résultats d'analyse montrent donc que la rétention brute est presque totale. Elle s'abaisse ensuite jusqu'à 80 p. 100 pour une dose de 800 g/q elle ne représente plus que 58 p. 100 soit près de la moitié de la substance mélangée (*voir figure* 1).

### 2° Variation de la rétention du répulsif avec la dose d'adhésif employée

Les échantillons sont enrobés d'une forte quantité uniforme de $R_1$ : 400 g/q. Ils reçoivent ensuite des quantités croissantes d'adhésif S.D.A.642

qui représentent 800, 2 000, 4 000 et 8 000 cm³/q. Les résultats qui figurent dans le tableau ci-dessous témoignent que dans tous les cas la rétention brute reste élevée. Elle est d'au moins 90 p. 100 pour les divers cas envisagés.

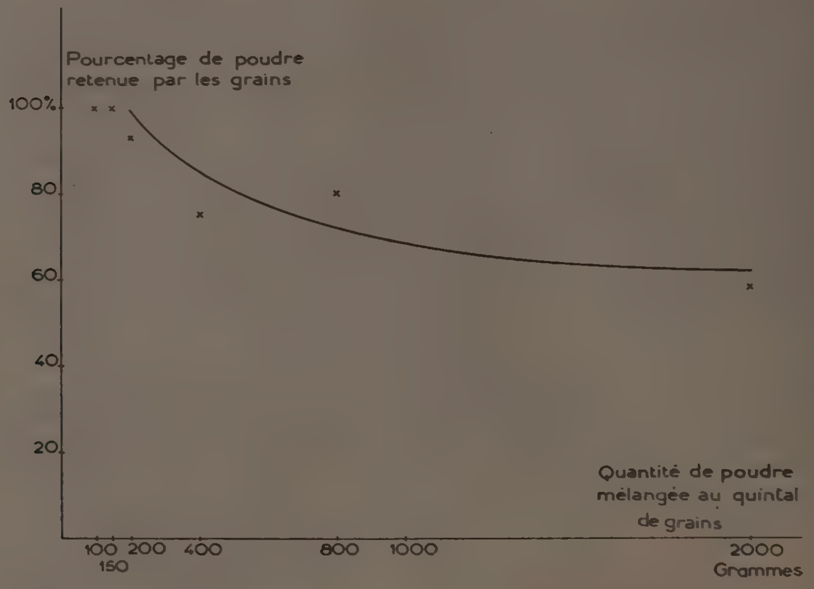



FIG. 1. — Variation de la rétention du répulsif en fonction de la dose d'emploi.

TABLEAU II

*Action de l'adhésif sur la rétention*

| Dose de $R_1$ en g par q | Dose de SDA 642 en cm³ par q | $R_1$ retrouvé au dosage | Pourcentage de $R_1$ resté sur les grains |
|---|---|---|---|
| 400 | 800 | 380 g/q | 95 |
| » | 2 000 | 380 | 95 |
| » | 4 000 | 360 | 90 |
| » | 8 000 | 380 | 95 |

Ces résultats mettent en évidence que les doses croissantes d'adhésif S.D.A. 642 n'ont aucune répercussion sur l'augmentation de la rétention brute du répulsif par le grain. Toutefois l'adjonction de l'adhésif a permis — à doses égales de répulsif — d'accroître la rétention brute. En rapprochant ces résultats de ceux de l'essai précédent on peut constater que la rétention brute est passée, grâce à l'utilisation du S.D.A. 642 de 75 à 90 p. 100 pour une dose de répulsif de 400 g/q.

### 3° Rétention de poudres adhésives

Au lieu de traiter successivement avec l'adhésif, puis le répulsif, nous avons étudié la rétention brute sur le grain de poudres adhésives composées de $R_1$ et du S.D.A. 642. Trois poudres à dose fixe de répulsif et à quantité variable adhésif ont été établies ; leurs caractéristiques figurent dans le tableau ci-après :

10 g de poudre à 5 p. 100 comprenant 0,5 cm³ d'adhésif, soit environ 5 p. 100 ;

10 g de poudre à 10 p. 100 comprenant 1 cm³ d'adhésif, soit environ 10 p. 100. ;

10 g de poudre à 20 p. 100 comprenant 2 cm³ d'adhésif, soit environ 20 p. 100.

Avec ces poudres adhésives les échantillons de grains sont tous traités à la dose de 2 g, soit environ 800 g par quintal de semences.

Les résultats d'analyse traduits dans le tableau ci-joint montrent que la rétention des poudres adhésives est importante : de 77 à 87 p. 100.

Néanmoins, à doses égales, le pourcentage de rétention brute des poudres adhésives est moindre que lorsqu'on enrobe séparément les semences d'adhésif, puis de répulsif, ainsi qu'il est souligné dans le précédent essai :

TABLEAU III

*Rétention des poudres adhésives*

| Teneur de la poudre adhésive en P. A. | Quantité théorique de $R_1$ en g par q | $R_1$ retrouvé au dosage | Pourcentage de $R_1$ resté sur les grains |
|---|---|---|---|
| 5 p. 100 | 720 g | 560 g/q | 77 |
| 10 p. 100 | 675 | 600 | 88 |
| 20 p. 100 | 600 | 520 | 87 |

### 4° Variation de la rétention du répulsif à dose constante d'adhésif

Dans cet essai nous nous sommes proposés d'étudier la rétention de quantités variables de répulsif lorsqu'on emploie l'adhésif à dose constante :

*a*) Lorsque l'adhésif est utilisé à raison de 400 cm³/q (*voir fig. 2*) la rétention est satisfaisante aux doses habituelles d'emploi : 90 p. 100 environ pour 100 à 200 g/q ; de 70 p. 100 à 500 g/q de $R_1$. elle passe à 63,2 p. 100 à 5 000 g/q puis à 53,3 p. 100 à 7 500 g/q.

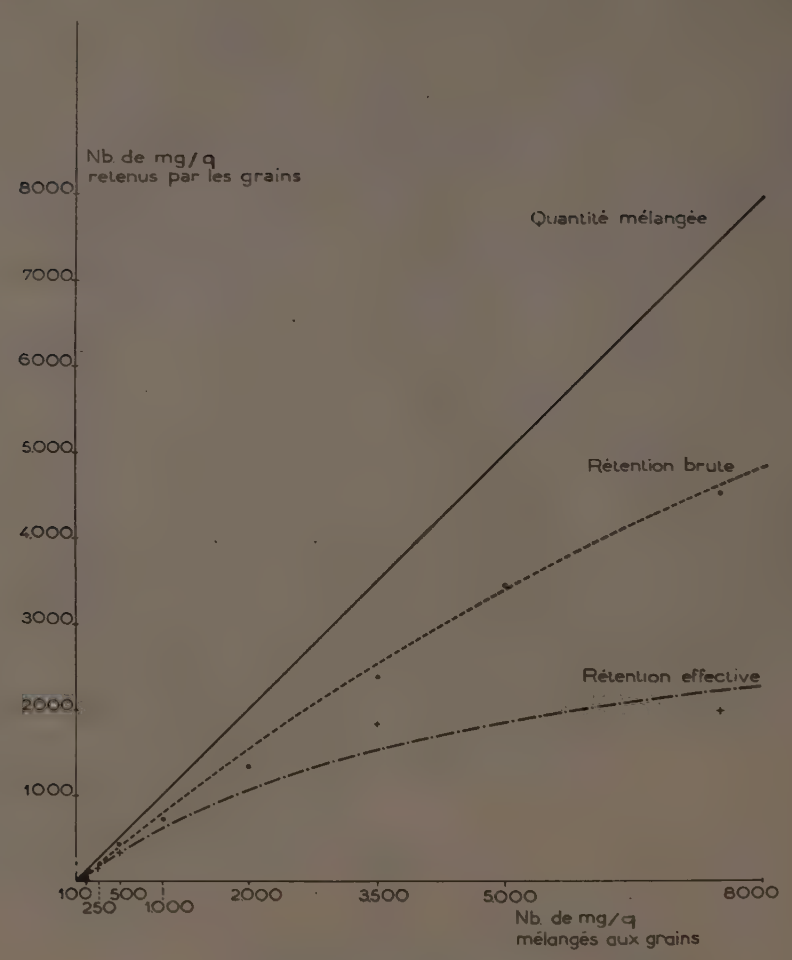



FIG. 2. — Variation de la rétention du répulsif à la dose constante de 400 cm³ d'adhésif par quintal de semences.

*b*) Lorsque la dose d'adhésif passe à 1 000 cm³/q (*voir fig. 3*), la courbe de rétention brute en fonction de la quantité de répulsif s'établit comme dans le cas précédent. Toutefois cette rétention est légèrement moindre et la quantité excédentaire de S.D.A. 642 se dépose dans les flacons après s'être mélangée au répulsif.

Dans les conditions de cet essai nous pouvons penser aussi que le répulsif $R_1$, abstraction faite de son efficacité est bien fixé sur les grains aux doses de 150 à 200 g/q. Éventuellement il pourrait être utilisé jusqu'à la dose de 500 g/q sans que le reliquat de poudre représente une valeur trop grande (30 p. 100 au maximum).

TABLEAU IV

*Rétention du répulsif, à doses constantes d'adhésif*

| S. D. A. 642 | | $R_1$ | | $R_1$ retrouvé au dosage | Pourcentage de $R_1$ resté sur les grains |
|---|---|---|---|---|---|
| Quantité en cm³/q | Dose | Quantité en g/q | Dose | | |
| 400 cm³ | 1 cm³ | 100 g | 0,25 g | 90 g | 90 |
| » | » | 500 | 1,25 | 420 | 84 |
| » | » | 3 500 | 8,75 | 2 200 | 62,8 |
| » | » | 7 500 | 18,75 | 4 000 | 53,3 |
| 1 000 cm³ | 2,5 cm³ | 100 g | 0,25 g | 90 g | 90 |
| » | » | 500 | 1,25 | 408 | 81,6 |
| » | » | 3 500 | 8,75 | 2 400 | 68,5 |
| » | » | 7 500 | 18,75 | 4 520 | 60,2 |

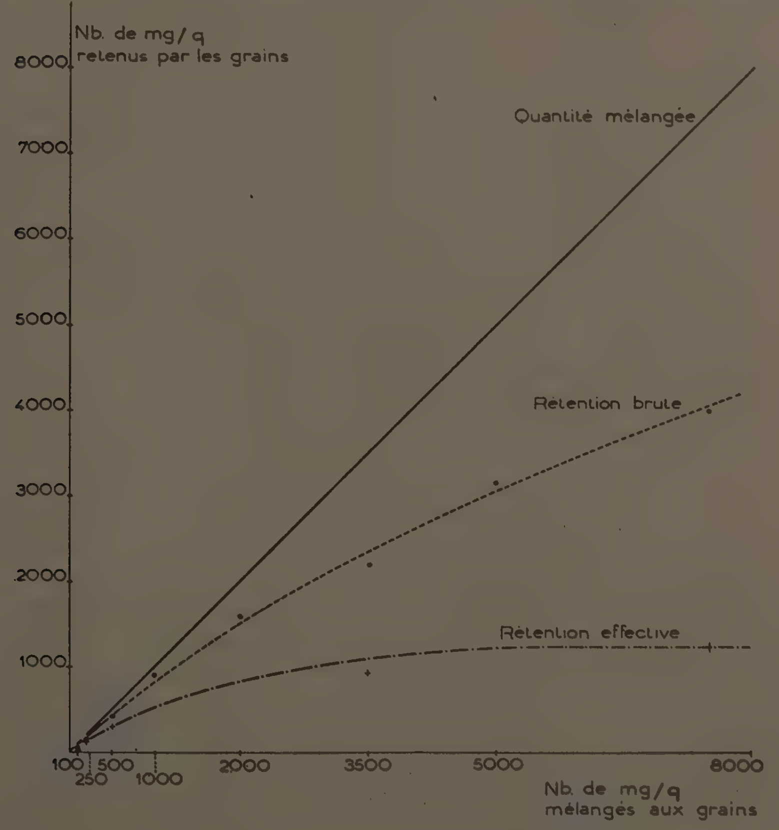



FIG. 3. — Variation de la rétention du répulsif à la dose constante de 1 000 cm³ d'adhésif par quintal de semences.

### 5° Rétention en présence d'empois d'amidon comme adhésif

L'empois d'amidon a été utilisé en traitant des lots de maïs à raison de 400 g de $R_1$ par quintal de semence et avec des quantités variables de cet adhésif. L'empois préparé dans la proportion de 248 g d'amidon de maïs pour 3 240 cm³ d'eau est réparti sur les échantillons aux doses de 800 — 2 000 — 4 000 et 8 000 cm³/q.

Les résultats d'analyse montrent que quelle que soit la dose d'empois d'amidon la rétention brute demeure à un niveau très élevé qui se situe entre 95 et 100 p. 100.

TABLEAU V

*Action adhésive de l'empois d'amidon*

| Dose d'empois d'amidon en cm³ par q | Dose de $R_1$ en g par q | $R_1$ retrouvé au dosage | Pourcentage de $R_1$ resté sur les grains |
|---|---|---|---|
| 800 cm³ | 400 g | 400 g | 100 |
| 2 000 | » | 400 | 100 |
| 4 000 | » | 380 | 95 |
| 8 000 | » | 400 | 100 |

Ceci souligne la valeur de l'empois d'amidon comme adhésif qui, à doses égales, se révèle supérieur au S.D.A. 642 pour augmenter la rétention du répulsif à la surface du grain.

### 6° Rétention en préssence de gélatine microbiologique comme adhésif

Les conditions de cet essai ont été entièrement comparables à celles de l'essai précédent. Quatre lots de semences traités chacun à la dose de 400 g/q de $R_1$ ont respectivement reçu les quantités de 800 — 2 000 — 4 000 et 8 000 cm³/q d'une solution de gélatine microbiologique. Cette solution a été préparée au bain-marie en dissolvant 100 g de gélatine dans 4 l d'eau. La solution a été coagulée ensuite à l'aide de bichromate de potassium. Cette substance proposée comme adhésif s'est révélée du point de vu technique d'un emploi difficile, auquel s'ajoute l'inconvénient d'augmenter assez peu la rétention brute comme il est indiqué dans le tableau ci-après :

TABLEAU VI

*Action adhésive de la gélatine*

| Dose de gélatine en g par q | Dose de $R_1$ en g par q | $R_1$ retrouvé au dosage | Pourcentage de $R_1$ resté sur les grains |
|---|---|---|---|
| 800 | 400 g | 250 g | 62 |
| 2 000 | » | 280 | 70 |
| 4 000 | » | 260 | 65 |
| 8 000 | » | 220 | 55 |

### 7° Rétention effective des poudres après secouage par un procédé mécanique

Ce dernier essai avait pour but de permettre l'évaluation de la quantité effective de poudre qui subsiste sur les semences après leur passage sur un secoueur à alvéoles, cette action pouvant être considérée comme comparable à celle qu'elles subissent après passage dans les sacs ou dans un semoir.

*a*) **Processus expérimental.** — Cet essai a comporté plusieurs phases. A chaque fois les semences ont été débarrassées des poudres insuffisamment fixées en les soumettant à l'action d'un secoueur :

1° Secouage pendant une demi-heure des grains traités seulement à la poudre $R_1$ (5 lots) ;

2° Action de secouage pendant 15 minutes de semences poudrées de quantités variables de répulsif. Adjonction de l'adhésif S.D.A 642 à la dose uniforme de 400 cm³ q ; puis, de nouveau secouage pendant un quart d'heure (5 lots) ;

3° Phase identique à la précédente. Toutefois le S.D.A. 642 était incorporé aux semences à la dose de 1 000 cm³ q (5 lots).

*b*) **Résultats.** — Ils sont résumés dans le tableau page suivante :

Dans la première phase de l'essai, l'analyse montre que la différence est forte entre la rétention brute et la rétention effective si les poudres ne sont pas fixées au grain par l'intermédiaire d'un adhésif. A 100 g q de $R_1$ la rétention effective est de 43 p. 100. Elle conserve cette valeur sensiblement jusque vers 500 g q (38 p. 100) ; mais aux fortes doses d'utilisation elle tend vers des valeurs très basses car à 7 500 g q elle n'est plus que de 7,2 p. 100.

Dans la deuxième phase de l'essai, la présence du S.D.A. 642 à la dose de 400 cm³ q permet une rétention effective meilleure. Elle est au maximum de 60,8 p. 100 pour 500 g de $R_1$ q tandis que sa valeur la plus basse est de 16,3 p. 100 à 7 500 g de $R_1$ q (*fig. 2*).

TABLEAU VII

*Rétention de l'adhésif après secouage*

| S. D. A. 642 | | Révulsif $R_1$ | | $R_1$ retrouvé au dosage | Pourcentage resté sur les grains |
|---|---|---|---|---|---|
| Dose en cm³ par q | Dose d'utilisation | Dose en g par q | Dose d'utilisation | | |
| | | 100 g | 0,25 g | 43 mg | 43 |
| | | 250 | 0,625 | 115,5 | 46 |
| | | 500 | 1,25 | 191,5 | 38 |
| | | 3 500 | 8,75 | 740 | 21 |
| | | 7 500 | 18,75 | 546 | 7,2 |
| 400 cm³ | 1 cm³ | 100 g | 0,25 g | 52,8 mg | 52,8 |
| » | » | 250 | 0,625 | 160 | 64,0 |
| » | » | 500 | 1,25 | 304 | 60,8 |
| » | » | 3 500 | 8,75 | 924 | 26,4 |
| » | » | 7 500 | 18,75 | 1 227 | 16,3 |
| 1 000 cm³ | 2,5 cm³ | 100 g | 0,25 g | 63 mg | 63 |
| » | » | 250 | 0,625 | 165 | 66 |
| » | » | 500 | 1,25 | 363 | 72,6 |
| » | » | 3 500 | 8,75 | 1 848 | 52,8 |
| » | » | 7 500 | 18,75 | 1 980 | 26,4 |

Enfin, dans la troisième phase de l'essai, l'emploi du S.D.A. 642 à la dose de 1 000 cm³/q conduit à une rétention effective légèrement plus forte que dans le cas précédent pour les faibles doses de répulsif : 63 p. 100 à 100 g de $R_1$/q et 72,6 p. 100 à 500 g de $R_1$/q. Cependant cette rétention est bien plus élevée pour les fortes doses de répulsif : 52 p. 100 à 3 500 g et 26,4 p. 100 à 7 500 g/q (*fig. 3*).

## III. — CONCLUSION

La rétention par les semences de maïs des poudres corvifuge commerciales qui est assez faible aux doses habituelles d'utilisation, peut être nettement augmentée par l'emploi d'adhésifs. Parmi les différentes formules essayées dans cet essai il semble que les meilleurs résultats aient été obtenus par l'enrobage initial des semences par un adhésif convenable suivi du traitement à la poudre corvifuge.

*Reçu pour publication le 15 juin 1954.*

# BIOLOGIE DU FLY-SPECK DES POMMES

PAR

**R. LAFON et C. M. MESSIAEN**

Station de Pathologie Végétale
Centre de recherches agronomiques du Sud-Ouest,
Pont-de-la-Maye (Gironde)

## PLAN DU MÉMOIRE



En 1951, d'importantes manifestations de Fly-speck sur les pommes d'un verger situé dans un bas-fond humide, près de Léognan, dans la région bordelaise, nous ont amenés à étudier la biologie du parasite [1].

Le Fly-speck est provoqué par un champignon toujours strictement superficiel qui ne déforme pas les pommes et n'altère pas leur chair ; il peut cependant déprécier sérieusement certains fruits de qualité, surtout ceux dont la peau est lisse et claire. On en trouvera de bonnes descriptions dans les ouvrages d'ARNAUD (1) et de VIENNOT-BOURGIN (12). Du fait qu'on ne trouve jamais de forme fertile sur les pommes, le cycle évolutif de l'agent du Fly-speck est longtemps resté mystérieux. Ces fruits ne sont en réalité pour lui que des supports accidentels, et le cycle complet se déroule sur d'autres hôtes. Les auteurs américains (2,3,13) attribuent leur Fly-speck à *Microthyriella rubi* (PETRAK) ; nous admettrons provisoirement que le champignon rencontré dans le Bordelais est le même.

[1] Nous tenons à exprimer ici à M. G. ARNAUD toute notre gratitude pour avoir bien voulu nous aider de ses conseils et examiner notre manuscrit. Nous remercions également M. L. LEVADOUX qui a bien voulu traduire et interpréter pour nous les diagnoses de langue allemande.

## LA FORME STÉRILE SUR POMMES

Il ne faut pas confondre le Fly-speck avec le Sooty-blotch. Les taches de Fly-speck qui correspondent chacune à un petit stroma mycélien sont nettes, rondes, leur diamètre est de 1 à 4/10e de millimètre. On les rencontre rarement tout à fait seules, elles sont généralement rassemblées en groupes qui en contiennent jusqu'à plusieurs centaines (fig. 1). Quand on les regarde à la loupe ou au microscope sans précautions particulières, on a l'impression que chaque tache représente un thalle séparé. En réalité, il n'en est rien. Si l'on examine des lambeaux d'épicarpe très minces, colorés au bleu coton en surface seulement pour éviter de colorer les cellules de la pulpe, qui gêneraient l'observation, on s'aperçoit que les stromas sont reliés par un fin réseau de filaments. Chaque groupe de points noirs correspond donc à une colonie. On peut d'ailleurs le voir à l'œil nu quand une pomme est recouverte à la fois de Fly-speck et de Sooty-blotch. Les deux champignons ne se superposent pas. Le *Gloeodes pomigena* reste en dehors du groupe de stromas en respectant de plus une marge de plusieurs millimètres, correspondant à l'extrémité des filaments de Fly-speck.

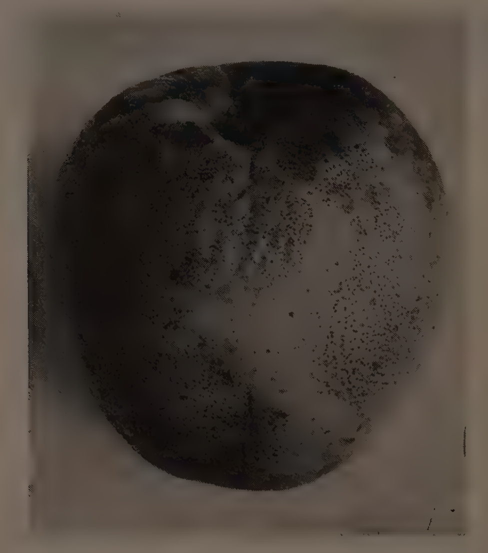


Fig. 1. — Pomme récoltée à Saint-Faust (Basses-Pyrénées) fortement atteinte de Fly-speck ; on voit aussi de légères attaques de Sooty-blotch.

Les plus grands stromas (380 µ de diamètre) sont situés au centre de la colonie, ce sont les premiers formés.

L'ensemble du mycélium et des stromas est très superficiel et ne

pénètre jamais dans les cellules de l'épicarpe. On peut facilement prélever un stroma à la pointe d'une aiguille sans léser du tout la peau de la pomme. Sur des coupes colorées au Soudan III, on peut voir cependant que les stromas sont recouverts d'une mince couche de cuticule. Il s'agit donc d'un champignon intracuticulaire. Les stromas sont formés en surface d'une mosaïque d'éléments bruns, translucides. Cette mosaïque est assez mince et recouvre une couche de cellules hyalines où l'on n'observe jamais de spores.

**Mise en culture de la forme stérile.** — On peut donc facilement prélever les stromas à la pointe d'une aiguille et les ensemencer un à un. Le champignon pousse très bien en milieu artificiel, mais beaucoup plus lentement que la plupart des champignons que l'on a l'occasion de cultiver. Nous l'avons ensemencé sur un certain nombre de milieux de culture usuels. Sur les milieux les plus riches (à la farine de maïs plus extrait de malt, à l'avoine), la croissance est extrêmement lente, le champignon s'étend en profondeur et produit des stromas irréguliers, bordés d'une abondante frange de filaments grisâtres. Sur un milieu à l'écorce de pommier, riche en tanin, le développement était encore plus aberrant, la croissance très lente, les colonies recouvertes d'un abondant feutrage jaunâtre assez court. Les plus belles cultures sont celles qu'on obtient sur des milieux limpides et assez pauvres, comme le milieu de Leonian à 5 p. 1 000 de maltose, ou le milieu à la prune (décoction filtrée de 10 pruneaux par litre). Sur ces milieux, la croissance est plus rapide, les stromas sont, comme sur les pommes, noirs, brillants et bien espacés (fig. 2).

Curieux de voir si le champignon était capable de se nourrir uniquement par osmose à travers une membrane, nous avons essayé de le cultiver à la surface d'une feuille de cellophane stérile appliquée sur une couche de milieu à la prune, en boîte de Petri. C'est de cette façon que nous avons obtenu les plus belles colonies, exactement semblables d'aspect à celles qu'on observe sur les pommes. Le mycélium se développant sur un seul plan, nous avons pu l'observer beaucoup plus facilement que dans les cultures normales ou sur les pommes, et étudier le mode de formation des stromas

**Aspect du mycélium et formation des stromas.** — Le Fly-speck se développe en colonies rayonnantes circulaires. Le mycélium est hyalin et extrêmement fin. On peut y distinguer des filaments principaux, rayonnants, formés chacun de plusieurs hyphes accolés, et des filaments secondaires qui les réunissent en perpendiculaire ou en oblique, généralement simples ou doubles.

Tous ces filaments portent souvent de place en place de petits ap-

pendices bruns de forme irrégulière, bi ou tricellulaires (fig 5 : I). Ce ne sont probablement pas des conidies puisqu'apparemment ils ne sont pas caducs. Leur germination est difficile à obtenir. La production de tels appendices par le mycélium superficiel est fréquente chez les Astérinées.

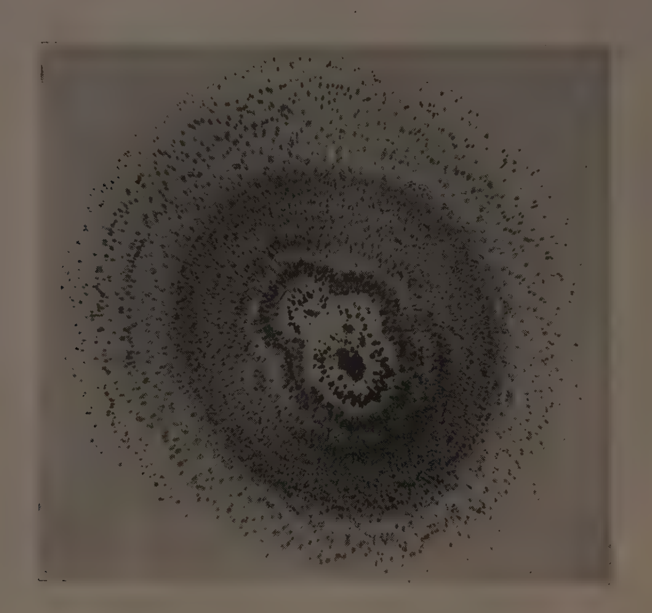


FIG. 2. — Colonie de Fly-speck en culture sur milieu gélosé de Leonian.

Les stromas prennent généralement naissance sur les filaments principaux aux points où ils se croisent et se ramifient ; les éléments polygonaux bruns de la mosaïque proviennent des articles de filaments accessoires (fig. 3, fig. 5 : E et D). On reconnaît toujours dans les stromas adultes les filaments principaux bien nets parmi la mosaïque irrégulière. On observe exactement la même chose sur les stromas prélevés sur pommes, il est donc légitime de croire qu'ils se forment de la même façon.

MONTAGNE (7) décrivant pour la première fois cette forme stérile l'avait appelée *Labrella pomi*. SACCARDO (9) remplace ce nom par *Leptothyrium pomi*. Or, les deux genres *Labrella* et *Leptothyrium* font partie des Leptostromatacées (Sphaeropsidales) et supposent la production de spores unicellulaires hyalines. Comme le champignon est constamment stérile, il vaut mieux avec DESMAZIÈRES le ranger dans le genre *Microsticta*, spécialement créé pour lui (*Microsticta pomi* DES.).

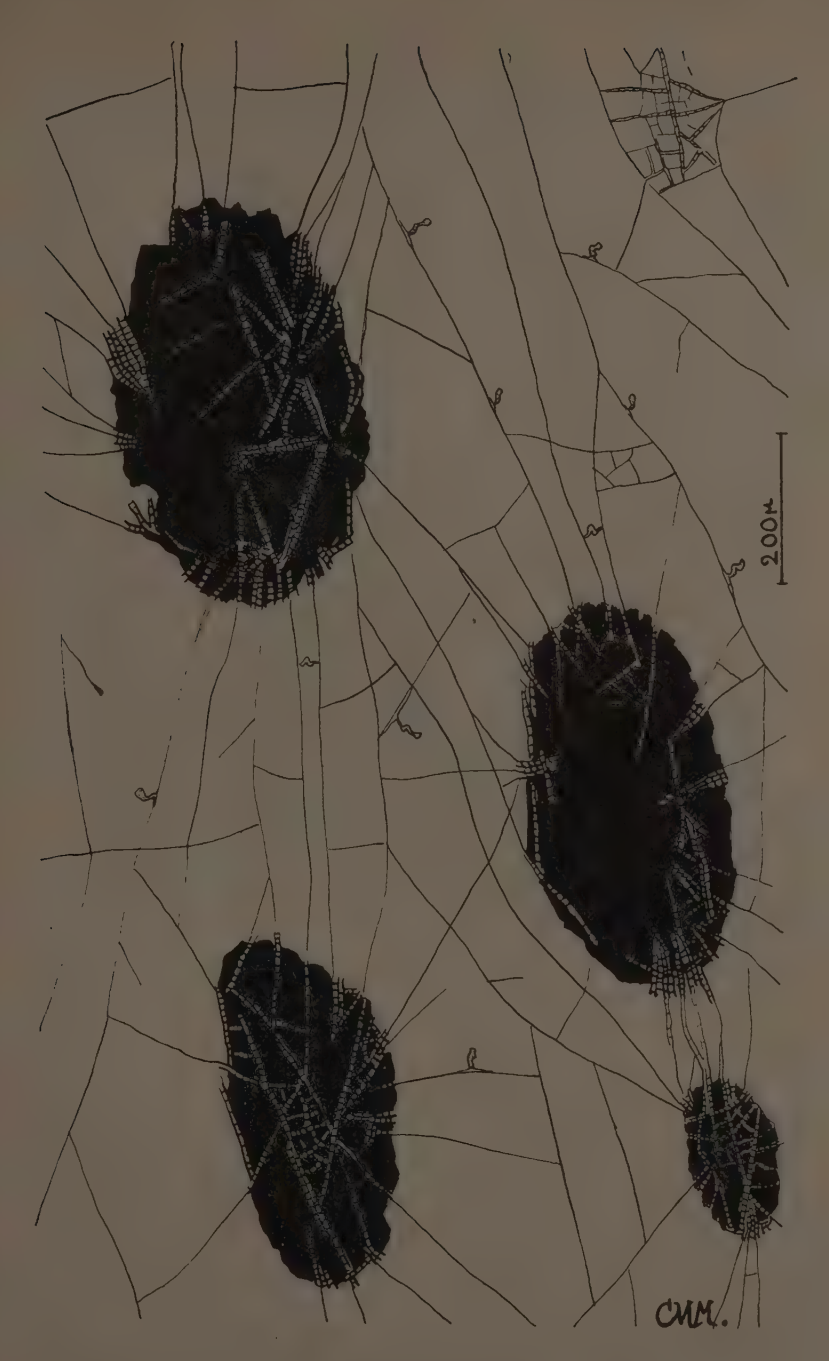



FIG. 3. — Formation des stromas et stigmopodies (en culture sur milieu gélosé de Leonian).

## AUTRES HOTES NATURELS

En février et mars 1952, nous avons trouvé des stromas semblables à ceux du Fly-speck sur des rameaux de saule Marsault d'abord, puis sur d'autres arbustes dans un fourré situé sur un bas-fond humide, à la lisière du verger où l'abondance du Fly-speck avait attiré notre attention. Nous avons mis le parasite en culture à partir de rameaux d'aubépine, de prunier sauvage, de chêne, de peuplier, de fusain d'Europe, et de frêne. Les isolements n'ont pas réussi avec les rameaux de saule Marsault, à cause des poils qui les recouvrent empêchant de prélever commodément les stromas et retenant des spores de nombreux saprophytes. A partir des six premiers hôtes, nous avons obtenu des souches exactement semblables à celles provenant des pommes, qui se sont également montrées stériles en culture quels que soient les traitements (froid, lumière, température) auxquels nous les avons soumises.

Nous pouvons comparer la liste des arbustes sur les rameaux desquels nous avons observé le Fly-speck avec celles que donnent les travaux américains les plus récents, ceux de GARDNER et BAINES (4), BAINES (2), et DURBIN et SNYDER (3).

| Hôtes observés en Gironde | Hôtes observés en Indiana par GARDNER et BAINES | Hôtes observés en Californie par DURBIN et SNYDER |
|---|---|---|
| *Rubus sp.* | *Rubus alleghaniensis* | *Rubus parviflorus* |
| *Crataegus oxyancantha* | *Crataegus sp.* | *Rubus vitifolius* |
| *Quercus pedunculata* | *Acer saccharum* | *Acer macrophyllum* |
| *Fraxinus excelsior* | *Quercus alba* | *Arbutus Menziesii* |
| *Salix capraea* | *Fraxinus americana* | *Lonicera hispidula* |
| *Persica vulgaris* | *Salix sp.* | *Rhamnus californica* |
| *Rosa sp.* | *Salix nigra* | *Sambucus glauca* |
| *Populus tremula* | *Acer sp.* | |
| *Prunus sp.* | *Dirca palustris* | |
| *Evonymus Europaeus* | *Smilax hispida* | |
| *Ligustrum vulgare* | *Xanthoxylum americanum* | |
| *Tilia vulgaris* | *Vitis cordifolia* | |
| | *Liriodendron tulipifera* | |
| | *Platanus vulgaris* | |
| | *Benzoin aestivale* | |
| | *Cornus alternifolia* | |
| | *Staphylea trifolia* | |
| | *Gleditschia triacanthos* | |
| | *Sassafras variifolium* | |
| | *Rhus glabra* | |
| | *Asimina triloba* | |

De plus, selon VIENNOT-BOURGIN (*l.c.*, p. 1 348) d'autres auteurs ont observé du Fly-speck sur *Celastrus scandens*, *Cercis canadensis*, *Citrus sp.*, *Cornus negosa*, *Evonymus obovatus*, *Gymnocladus dioica*, et *Ulmus fulva*. En 1928-1930, HARRIS (5) signale *Microthyriella rubi* sur groseillier ; en 1936, SYDOW (11), sur feuilles et vrilles d'*Aristolochia sipho* ainsi que sur le feuillage de *Mahonia aquifolium*.

On peut remarquer que dans les trois listes on trouve des espèces

du genre *Rubus*. On peut admettre que la ronce est l'hôte principal. Dans la liste de GARDNER et BAINES, on retrouve les espèces américaines voisines des espèces françaises d'Aupébine, de Chêne, de Frêne et de Saule sur lesquelles nous avons décelé la présence de Fly-speck.

## **FORME PARFAITE** : *Microthyriella Rubi* (PETRAK) ?

De fin mai à mi-juin 1952, nous avons constaté que les stromas développés sur les ronces (fig. 5 : C) se transformaient en périthèces. Les asques prennent naissance dans le tissu parenchymateux situé sous le stroma, considérablement épaissi ; la hauteur des périthèces est de 30 à 50 μ (fig. 4 et 5 : A et B). La forme et la dimension des asques sont

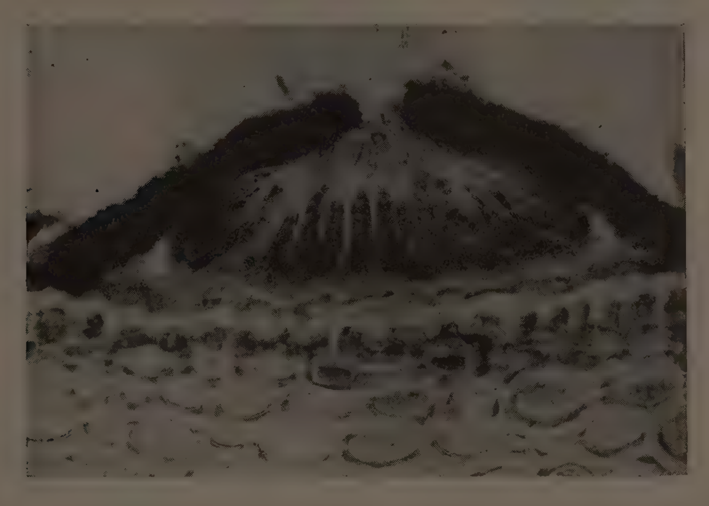


FIG. 4. — Coupe d'un périthèce mûr sur tige de ronce. (L'ouverture que l'on aperçoit n'est pas un ostiole, mais une simple rupture de la paroi du périthèce due aux manipulations qu'a subies la coupe.)

très variables selon leur âge et leur situation dans le périthèce (fig. 5 C, F, H). Dans les périthèces jeunes, les asques situés au centre du périthèce sont ovoïdes, presque aussi larges que longs (16 × 12 μ). Les asques latéraux sont dyssimétriques et un peu longs (20 × 10 μ). Dans les périthèces mûrs les asques s'allongent considérablement, les asques centraux mesurent une vingtaine de μ, les asques latéraux une quarantaine. On peut donner comme dimensions générales 19-44 × 6-10,5 μ. Des asques libérés par écrasement de périthèces très mûrs peuvent atteindre 70 × 8 μ.

A maturité, le tissu interstitiel se résout en pseudo-paraphyses flexueuses, peu colorables, s'entrecroisant au-dessus des asques. Les asco-

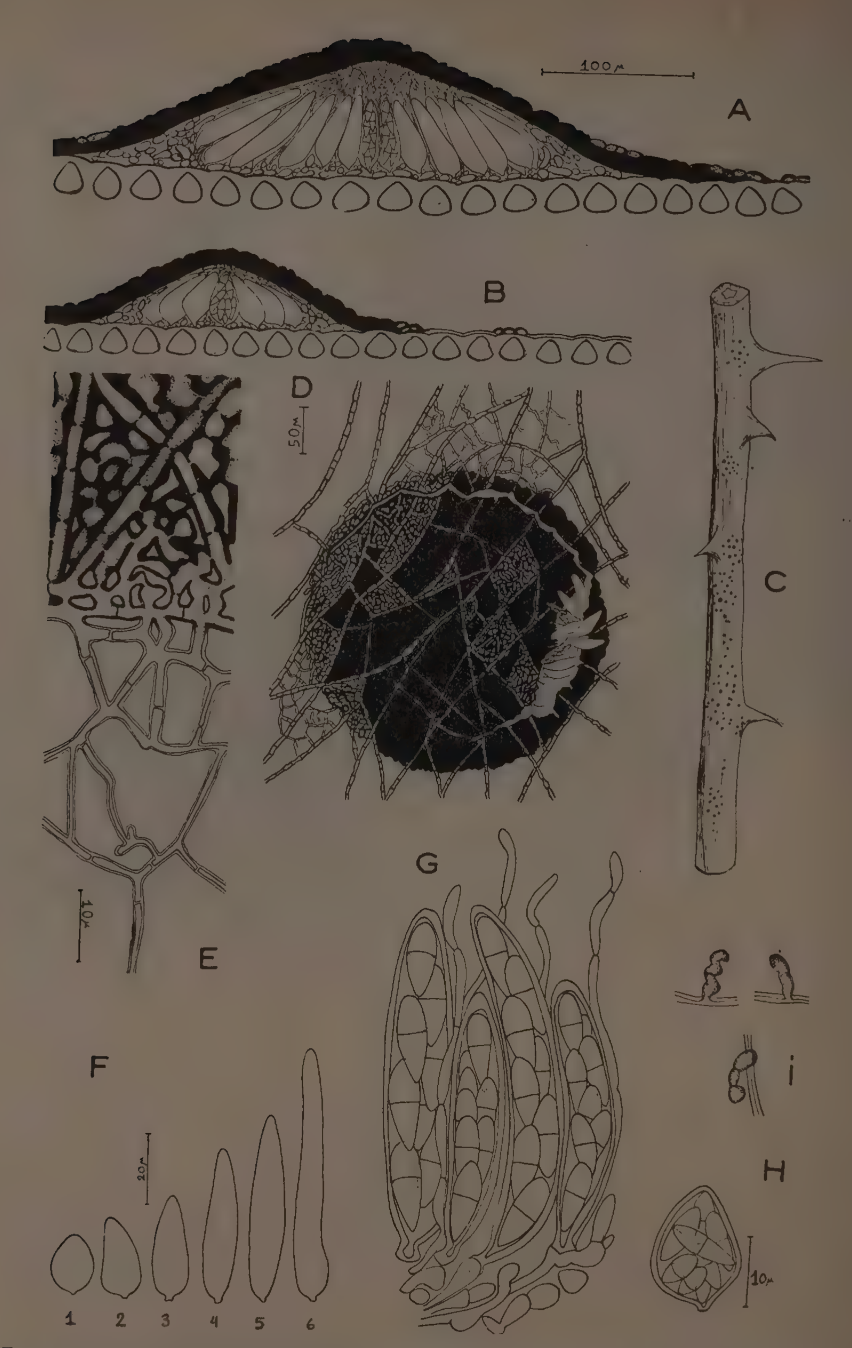



Fig. 5. — A) Coupe d'un périthèce mûr, sur tige de ronce. — B) Coupe d'un périthèce jeune, sur tige de ronce. — C) Fly-speck sur tige de ronce. — D) Périthèce mûr vu par-dessus. — E) Détail de la bordure d'un stroma sur feuille d'aubépine. — F) Évolution de la taille des asques. 1 et 2 : asques observés dans des périthèces jeunes ; 3, 4, 5 : dans des périthèces mûrs ; 6 : asque de taille exceptionnelle. — G) Asques, ascospores et pseudo-paraphyses. — H) Asque prélevé dans un périthèce jeune. — I) Appendices, en culture sur milieu gélosé au jus de pommes et sur cellophane.

spores sont hyalines, bicellulaires, leur loge supérieure est plus courte, plus large et moins pointue que l'inférieure ; elles ressemblent à des ascospores de *Mycosphaerella*. Elles sont disposées sans ordre dans les asques jeunes globuleux, sur deux rangées dans les asques mûrs de dimension moyenne, sur une seule rangée dans la partie supérieure des asques les plus longs. Leurs dimensions moyennes sont : 11,8 × 3,6 μ. Ces périthèces n'ont pas d'ostiole. A maturité, une déchirure apparaît sur la périphérie du stroma, la partie centrale se soulève comme un couvercle (fig. 5 : D). Une fois les ascospores libérées, il ne reste plus que le pourtour du périthèce, qui, vu à la loupe, a l'aspect d'un petit anneau brun.

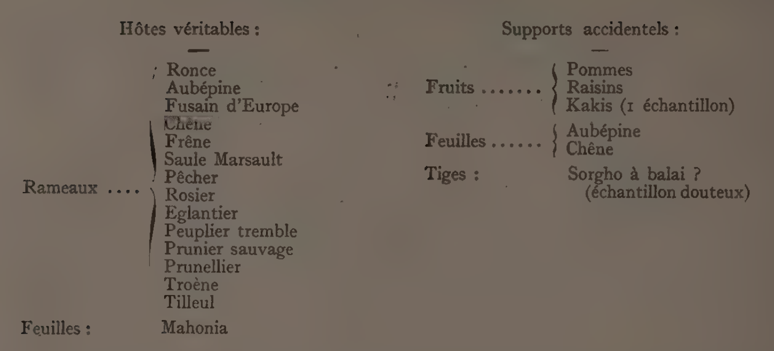
Les auteurs américains estiment que les périthèces observés par eux appartiennent à l'espèce *Microthyriella Rubi* (PETRAK) (8). Les dimensions d'asques et d'ascospores données par PETRAK correspondent assez exactement aux périthèces jeunes de l'espèce que nous avons observée. A maturité, notre champignon ressemblerait plutôt à *Stomiopeltis Rubi* (VON HÖHNEL) PETRAK (*Asterella Rubi* VON HÖHNEL) (6). Nous avons craint d'avoir eu affaire aux deux espèces sans nous en apercevoir, mais nous avons retrouvé des formes intermédiaires.

Étant donné la similitude complète des mycéliums et des stromas du Fly-speck en Amérique et dans le Bordelais, et l'analogie de notre liste d'hôtes et de celle de BAINES, nous admettrons provisoirement qu'il s'agit de la même espèce. Il est possible que les auteurs américains aient observé des périthèces assez jeunes, aux asques encore ovoïdes.

Il se peut d'ailleurs que plusieurs Microthyriacées différentes soient capables de se développer sur les pommes. Il y aurait alors plusieurs Fly-speck. Effectivement, G. ARNAUD a observé sur pommes un type de Fly-speck à stromas ovales qui représenterait peut-être une espèce différente du Fly-speck à stromas circulaires qu'on rencontre le plus souvent.

## CYCLE ÉVOLUTIF

Le cycle évolutif complet ne se déroule donc pas sur les pommes, mais sur des arbustes et lianes adventices, en particulier sur les ronces. Il n'y a probablement qu'une seule contamination par an, en fin mai et début juin, et l'intervalle entre la contamination et la formation des périthèces étant de onze mois, le cycle complet ne peut s'accomplir que sur des organes vivaces, rameaux d'arbustes ou peut-être feuilles persistantes. Le champignon peut d'autre part se développer sur des fruits ou d'autres organes caducs ; mais ce ne sont que des supports et non de véritables hôtes. Dans le Bordelais, par exemple, on peut donner les exemples suivants :



| Hôtes véritables : | |
|---|---|
| Rameaux .... | Ronce |
| | Aubépine |
| | Fusain d'Europe |
| | Chêne |
| | Frêne |
| | Saule Marsault |
| | Pêcher |
| | Rosier |
| | Eglantier |
| | Peuplier tremble |
| | Prunier sauvage |
| | Prunellier |
| | Troène |
| | Tilleul |
| Feuilles : | Mahonia |

| Supports accidentels : | |
|---|---|
| Fruits ....... | Pommes |
| | Raisins |
| | Kakis (1 échantillon) |
| Feuilles ...... | Aubépine |
| | Chêne |
| Tiges : | Sorgho à balai ? (échantillon douteux) |

Il peut sembler étonnant qu'on ne trouve jamais de Fly-speck sur les rameaux de pommier. On peut en proposer deux explications : le Fly-speck étant un parasite intracuticulaire, il est possible que les rameaux de pommier se subérifient trop tôt. (De la même façon, dans le fourré où nous avons vu la plupart des arbustes infectés, *Ulmus suberosa* n'était jamais atteint.) D'autre part, il se peut que les traitements d'hiver pratiqués dans la plupart des vergers suffisent à arrêter l'évolution des stromas.

## CONDITIONS FAVORABLES AU DÉVELOPPEMENT DU FLY-SPECK

Le Fly-speck aura de grandes chances de se développer sur les pommes toutes les fois qu'un verger se trouvera à proximité de bas-fonds humides où poussent des ronces et d'autres arbustes sauvages. C'est souvent le cas dans la région bordelaise et dans les vergers de Californie où Durbin et Snyder ont observé de fortes attaques de Fly-speck. Il serait le plus souvent trop onéreux ou impraticable de supprimer ces broussailles. Dans les vergers où de fortes attaques de Fly-speck sont coutumières et préjudiciables à la qualité des fruits, c'est au mois de juin, époque où les périthèces libèrent leurs ascospores, qu'on pourrait envisager un traitement préventif. Des traitements effectués plus tard auraient sans doute peu de chance d'atteindre le champignon sous la mince couche de cuticule qui le protège.

Dans le cas de manifestations importantes, on pourrait comme l'indique Singh (10), plonger les fruits pendant une minute, dans une solution à 5 p. 100 de chlorure de chaux ou 3 p. 100 de chlorate de soude, faire sécher à l'air pendant dix minutes puis laver à grande eau et sécher à nouveau.

## RÉSUMÉ

Nous avons précisé certains points de la morphologie du champignon sous sa forme stérile, *Microsticta Pomi* Desm., sur pommes et en cultures pures, qui n'avaient pas encore été clairement décrits.

Sur des rameaux de lianes et d'arbustes sauvages, de ronce en particulier, nous avons découvert pour la première fois en France, les fructifications d'un champignon qui semble bien être la forme parfaite de *Microsticta Pomi* Desm.

Les périthèces ainsi que les plantes hôtes trouvés en Gironde, témoignent d'une grande analogie avec les indications des auteurs américains ayant déjà découvert aux États-Unis la forme parfaite de *Microsticta Pomi* Desm. ; aussi, nous admettons comme eux, sous réserve d'observations ultérieures, qu'il s'agit d'un champignon de l'ordre des Microthyriales : *Microthyriella Rubi* Petrak [1].

Le cycle évolutif qui dure pratiquement une année — depuis les libérations d'ascospores, à la fin du mois de mai, jusqu'à la formation des périthèces au printemps — ne peut s'accomplir que sur des organes vivaces ; ainsi peut s'expliquer l'absence de périthèces sur pommes.

*Reçu pour publication le 15 juillet 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

(1) Arnaud (G. et M.). — Traité de Pathologie Végétale. Lechevallier, Paris, 1931.

(2) Baines (R. C.). — Pathogenicity and hosts of the fly-speck fungus of apple. *Phytopath.*, **30**, p. 2, 1940.

(3) Durbin, (Richard D.) et Snyder (William C.). — Ecology and hosts of fly-speck of apple in California. *Phytopath.*, xxxiii, p. 586, 1953.

(4) Gardner (M. W.) et Baines (R. C.). — Cultural characters and host range of the apple sooty-blotch fungus. Abs. in *Phytopath.*, xxi, p. 112, 1931 (in *R.A.M.*, X, p. 390, 1931).

(5) Harris (R. V.). — Notes on diseases of the Raspberry, Logan-berry and Black-berry in 1928-1930. *Ann. Rept. East Malling Res. Stat.*, 1928-1929, 1930. II. Supplement, 133-139, 1931.

(6) Höhnel (F.). — Mykologische Fragmente von Prof. Franz von Höhnel in Wien. *Ann. Myc.*, vol. III, nº 4, p. 325, 1905.

(7) Montagne (C.). — Notice sur les plantes cryptogames récemment découvertes en France. *Annales Sci. Nat. Bot.*, 2e série, t. I, 337-347, 1834.

(8) Petrak. — *Microthyriella Rubi n. sp.* diagnose de Petrak. *Ann. Myc.*, xxi, 1923, p. 15.

(9) Saccardo (P. A.). — Sylloge fungorum, III, p. 632 et 693.

[1] De l'avis de M. Arnaud, qui a bien voulu relire notre manuscrit : « la place systématique du *Microthyriella Rubi* Petrak et des formes à asques auxquelles on a relié les champignons du « Fly-Speck » demande à être précisée par de nouvelles études. Il conviendrait d'étudier leurs rapports avec divers parasites subcuticulaires des Ronces. »

(10) Singh (U. B.). — Control of fruit diseases in Kumaun. *Indian Fmg*, iv, **8**, 411-412, 1943. (*R. A. M.*, xxiii, p. 393, 1944.)
(11) Sydow (H.). — Mycotheca germanica. Fasc. LVII-LX (n° 2801-3000). *Ann. Mycol.* Berlin, xxiv, **4-5**, 387-401, 1936. (*R.A.M.*, p. 278, 1937.)
(12) Viennot-Bourgin (G.). — Les champignons parasites des plantes cultivées. Masson et Cie, Paris, 1949.
(13) Tehon (L. R.). — Notes on the parasitic fungi in Illinois. *Mycologia*, xxv, **4**, 237-257, 1933. (*R.A.M.*, xii, p. 788, 1933.)

---

# INFLUENCE DU MODE DE DISPERSION SUR L'ACTIVITÉ DE L'OXYCHLORURE DE CUIVRE EMPLOYÉ DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA POMME DE TERRE

PAR

**C. JOUIN, M. HASCOET, E. VENTURA**

Station d'Essais de Machines, Paris
Laboratoire de Phytopharmacie, Versailles

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

## I. — INTRODUCTION

Dans la plupart des exploitations agricoles, la lutte contre le Mildiou de la Pomme de terre est effectuée au moyen de pulvérisateurs à grand débit (de l'ordre de 1 000 litres par hectare). L'emploi de ces appareils

entraîne d'importants charrois d'eau et l'égouttage de la bouillie, difficile à éviter, amène une perte de produit non négligeable.

L'utilisation des poudreuses, couramment employées contre le Doryphore, a connu la faveur des usagers, mais il semble que la persistance du produit épandu, essentielle ici, soit particulièrement faible avec un tel appareil.

Les nouveaux pulvérisateurs sont caractérisés par un faible débit. L'augmentation de la finesse des gouttelettes dispersées, indispensable au maintien d'un pouvoir couvrant correct, est obtenu soit en exerçant une pression accrue sur le liquide, soit en l'entraînant par un violent courant d'air (pulvérisation à jet porté).

On a aussi tenté de remédier au manque de persistance des poudrages par l'humidification de la poudre.

En collaboration avec la Station d'Essais de Machines, nous avons essayé de comparer, dans les conditions de travail agricole, le degré de protection contre le Mildiou de la Pomme de terre (*Phytophtora infestans*) qui pouvait être assuré par chacun de ces appareils, la même quantité de produit actif étant épandue à l'hectare.

Dans ce travail, le Laboratoire de Phytopharmacie a été chargé du choix du produit et du contrôle de l'action fongicide. La station d'essais a choisi les appareils, les a réglés et a contrôlé la régularité des traitements.

## II. — IMPORTANCE DE LA RÉGULARITÉ DU DÉPOT SUR LES FEUILLES

Dans le cas des traitements fongicides, on cherche à recouvrir le végétal d'une couche aussi homogène que possible de produit actif, une hétérogénéité importante pouvant permettre le développement du champignon. En fait, le produit actif est constitué par des grains (autant dans le cas du poudrage, ce qui est évident, que dans le cas de la pulvérisation, où demeurent sur les feuilles les inclusions solides quand la goutte support s'est évaporée).

La couche de produit actif ne peut donc pas être continue, et il devient évident que le traitement sera d'autant meilleur que la densité et l'homogénéité de répartition des grains seront plus grandes. D'où l'intérêt des produits finement divisés. Si la répartition était parfaite, on pourrait définir ainsi la densité efficace : nombre de grains par unité de surface au-dessous duquel le champignon peut se développer.

On peut concevoir la possibilité d'une répartition parfaite dans le cas d'une surface de petites dimensions soumise à un « champ » de traitement homogène. Mais le « champ » de traitement n'est pas homogène : il l'est peu en lui-même, et il est profondément perturbé au contact du

végétal : *la position* de chaque foliole soumet cette dernière à une valeur différente de ce champ. D'autre part le champ n'est pas isotrope : *l'orientation* de chaque foliole soumet celle-ci à une valeur différente du champ [1].

Ainsi aucune foliole n'est soumise au même traitement.

Ce qui compte, c'est que la foliole la plus déshéritée soit recouverte d'une quantité de produit supérieure à la densité efficace : pour atteindre ce but, il faut épandre une quantité moyenne de produit d'autant plus grande que l'hétérogénéité de la répartition est plus importante. En d'autres termes, *la connaissance de la quantité moyenne de produit épandu est insuffisante : il est très important de préciser l'hétérogénéité du dépôt.*

## III. — DÉTAILS EXPÉRIMENTAUX

### 1. Disposition de l'essai

La parcelle mise à notre disposition affectait une forme sensiblement rectangulaire de 250 m × 96 m. Nous l'avons découpée en bandes longitudinales de 8 m de largeur séparées par des intervalles de 16 m, afin de ménager des témoins et d'éviter les interférences toujours à craindre dans le cas des poudrages.

Chaque bande a été divisée en quatre parcelles d'égale longueur, soit 50 m, séparées par des intervalles de 10 m. Nous avons ainsi réalisé 16 parcelles, nous donnant 4 répétitions pour chacun de nos appareils.

Le Mildiou étant une maladie à foyer, nous avons adjoint à chaque parcelle un témoin, choisi d'un côté ou de l'autre de la parcelle, selon la direction du vent (voir fig. 1).

### 2. Appareils

A la suite d'essais préliminaires, quatre modèles d'appareils ont été retenus :

**Pulvérisateur ordinaire.** — Cet appareil, porté sur un tracteur FERGUSON, comportait :

un réservoir de 350 litres,

une pompe à engrenages donnant une pression réglable par by-pass et établie pour l'essai à 20 kg/cm².

Une circulation de retour de by-pass importante venait balayer le filtre à bouillie et assurer l'agitation dans le réservoir. Neuf buses de

(1) On remédie à l'*hétérogénéité du « champ »* de traitement en face du végétal : on peut multiplier les points d'origine du champ en les rapprochant au maximum du végétal, méthode douce ; on peut aussi communiquer une énergie violente au champ, qui est alors moins perturbé par le végétal, méthode brutale. On remédie à l'*anisotropie du « champ »* : on peut multiplier les points d'origine et les directions d'action ; on peut communiquer une énergie violente au champ, ce qui modifie l'orientation des éléments du végétal.

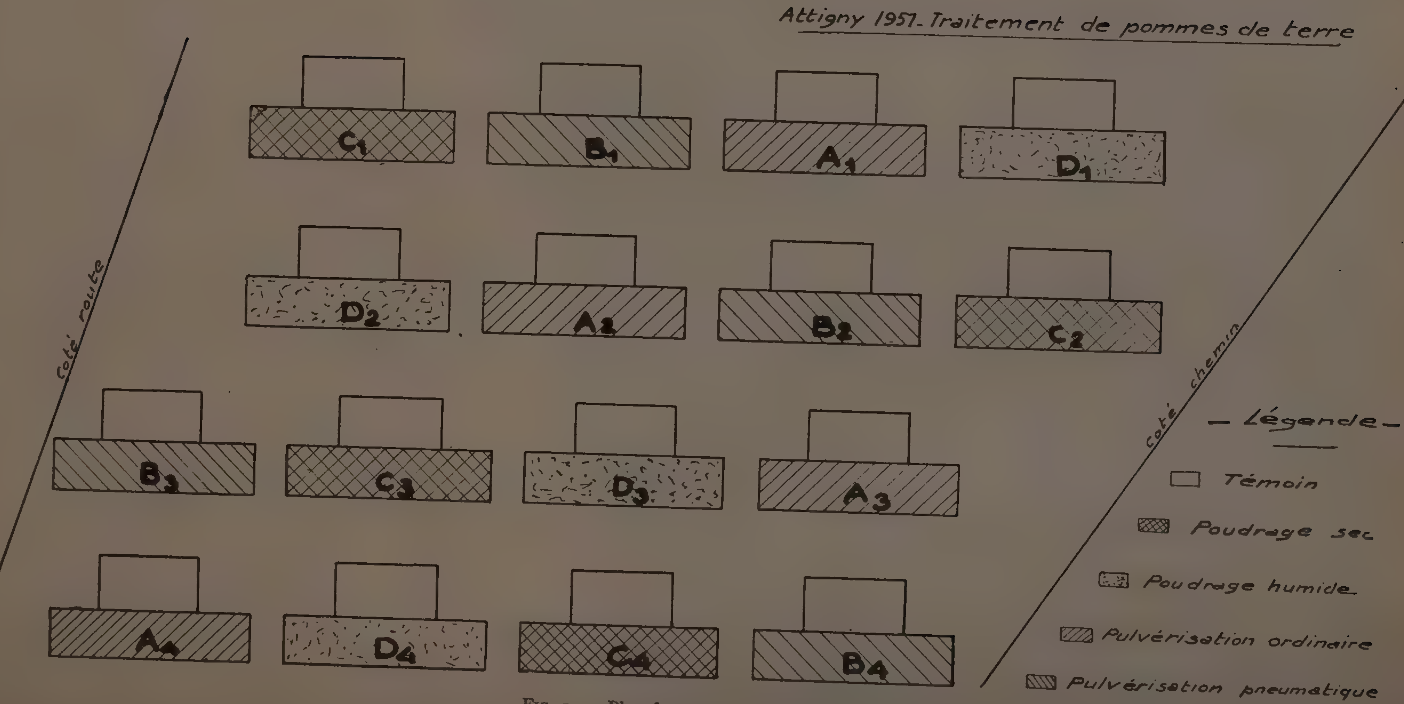



FIG. 1. — Plan des parcelles d'essai.

pulvérisation, fixées sur une rampe horizontale, permettaient de traiter une largeur de 7,2 m. Les jets coniques se recoupaient légèrement, formant une nappe de pulvérisation continue. Le débit prévu était de 300 à 400 l par ha.

**Pulvérisateur à jet porté (ou pulvérisateur pneumatique).** — Il était muni d'un réservoir de 250 l, la pression étant fournie par un compresseur d'air. Les 6 buses, portées sur une rampe horizontale, pouvaient se régler en largeur et en hauteur. La largeur traitée était de 4,8 m. et le débit de 150 à 200 l par ha.

L'air passant obligatoirement à travers le réservoir servait d'agitateur à la bouillie. Quand la rampe ne débitait pas, l'excès d'air était évacué, après passage dans le réservoir, de manière à maintenir l'agitation à l'aide d'une soupape de sûreté.

Le liquide et l'air arrivaient indépendamment dans chacune des buses qui servaient de mélangeur et de pulvérisateur.

**Poudreuse sèche.** — Egalement portée sur Ferguson, elle comportait un vibreur d'alimentation, un ventilateur et une poutre horizontale de distribution, alimentée par deux tuyaux souples de large section. La poudre était projetée à travers les fentes de la poutre. Deux bandes de toile, en avant et en arrière de celle-ci, diminuaient l'entraînement de la poudre par le vent.

**Poudreuse humide.** — Cet appareil traitait une largeur de 7,2 m. Une vanne réglait le débit de poudre entraînée par un courant d'air. Le mélange air-poudre était réparti également entre 6 tubes destinés à porter le mélange au niveau des plantes à traiter. Un gicleur pulvérisait de l'eau à la sortie de chaque tube.

### 3. Produits et doses d'emploi

Nous avons cherché à appliquer, dans les différents systèmes d'épandage, les mêmes doses de cuivre, soit 5 kg à l'hectare.

**Produit pour pulvérisation.** — Oxychlorure de cuivre micronisé, titrant 50 p. 100 de Cu, et présentant la granularité suivante :

100 p. 100 des particules avaient moins de 40 µ,
80 p. 100 des particules avaient moins de 5 µ.

Il devait être employé à raison de 10 kg par hectare.

**Produit pour poudrage.** — Poudre constituée par le même oxychlorure de cuivre, dilué dans le talc jusqu'à une teneur de 16 p. 100 de Cu.

Cette poudre passait au tamis 200 dans la proportion de 99 p. 100. Elle devait être employée à la dose de 31 kg par hectare.

Les conditions de fonctionnement prévues pour les appareils étaient les suivantes :

TABLEAU I

*Nature du produit, débit, concentration, vitesse d'avancement prévus*

| Appareil | Quantité de produit (kg/ha) | Débit de produit par mètre transversal (g/s) | Vitesse d'avancement (m/s) | Bouillie | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Concentration en cuivre (p. cent) | Débit | |
| | | | | | Total | Par buse (g/s) |
| Pulvérisateur ordinaire | 10 | | 1,05 | 1,4 | 352 | 23,6 |
| Pulvérisateur pneumatique | 10 | | 0,70 | 3 | 162 | 10,3 |
| Poudreuse sèche | 31 | 3,5 | 1,07 | | | |
| Poudreuse humide | 31 | 2,5 | 0,80 | | | |

### 4. Contrôle des appareils

On cherche à vérifier si le nuage produit est d'une densité régulière dans le volume traité, indépendamment de l'action perturbatrice du végétal traité.

*a*) **Vérification au laboratoire.** — Le volume du nuage étant engendré par le déplacement de l'appareil, on est amené à préciser les points suivants.

α. Homogénéité « transversale » (Contrôle de la régularité du débit sur toute la largeur de la bande traitée). — On vérifie que chacun des points de distribution débite la même quantité de produit.

β) Homogénéité « longitudinale » (Contrôle de la régularité du débit déterminée sur un seul point de distribution en fonction du temps). — Dans le cas d'une pulvérisation, la pesée du liquide est complétée par un dosage précisant la concentration en matière active, cette dernière pouvant varier dans de notables proportions surtout avec des bouillies très chargées.

On note également l'influence des arrêts et celle de l'engorgement des filtres sur le débit et la concentration.

*b*) **Vérifications sur le terrain.** — La vitesse d'avancement et le débit préalablement choisis en fonction de la quantité de Cu à répandre peuvent ne pas être exactement réalisés dans la pratique. Pendant l'essai, on

doit donc mesurer la vitesse d'avancement réelle et vérifier sur une des buses le débit et la concentration au début et à la fin de l'essai : on en déduit le débit réel du produit épandu à l'hectare.

### 5. Contrôle chimique des dépôts

L'homogénéité d'un traitement au niveau du feuillage peut être appréciée par des prélèvements faits sur les végétaux traités. Les dosages chimiques doivent permettre deux évaluations :

l'hétérogénéité de la répartition du produit sur les feuilles,

la quantité moyenne de produit épandu.

*a*) L'évaluation de l'hétérogénéité de la répartition est délicate. Elle nécessite de nombreux points d'échantillonnage, chacun d'eux étant limité à une feuille ou à un nombre restreint de feuilles, faute de quoi les irrégularités apparaissent atténuées et déformées. Dans le cas de l'essai précédent, le nombre d'échantillons que nous avons pu analyser s'est montré trop restreint pour nous permettre une étude valable de cette hétérogénéité.

*b*) L'évaluation de la quantité moyenne de produit déposée par unité de surface sur les feuilles est plus aisée. Il suffit de prélever, suivant un plan systématique, un nombre suffisant de feuilles ou de folioles.

Pratiquement, les prélèvements de feuillage ont été effectués de la façon suivante : dans chacune des parcelles, nous avons éliminé 5 m à chaque extrémité, ces deux zones servant au réglage et au contrôle des appareils. Les 40 m restant ont été divisés en 4 parties égales ; dans chacune de ces parties nous avons découpé au moyen d'un emporte-pièces 60 disques de 2 cm de diamètre. Ces disques furent prléevés de la façon suivante : 4 disques furent choisis deux à deux, de part et d'autre et à deux niveaux différents sur le feuillage de 15 plantes prises au hasard. La surface totale d'un prélèvement était égale à 125 mm$^2$.

Le cuivre a été dosé par microélectrolyse, suivie d'une colorimétrie du complexe cuivre-ammoniaque.

### 6. Conditions atmosphériques (Voir fig. 2.)

Les conditions atmosphériques peuvent être caractérisées comme suit :

*a*) Période du 5 au 18 juillet : Cette période, qui a suivi le premier traitement, est caractérisée par une pluviométrie relativement faible (27 mm) et un fort ensoleillement.

Les températures maxima se sont maintenues entre 20 et 30°, les minima oscillant de 8 à 15°.

L'hygrométrie a été moyenne la plupart du temps.

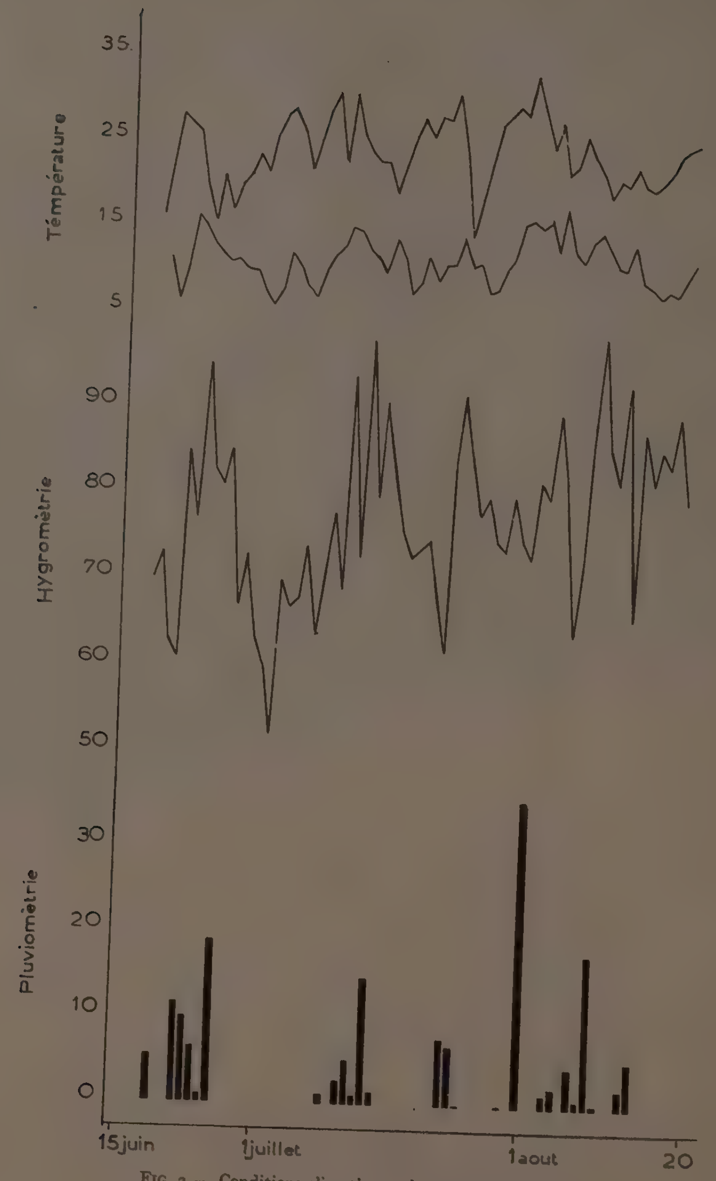



FIG. 2. — Conditions climatiques observées durant l'essai.

*b*) Période du 18 juillet au 23 août : On peut y distinguer 3 parties :

*a'*) du 18 au 30 juillet où l'on observe une faible pluviométrie (2 j. 15 mm) et un temps chaud et sec ;

*b'*) du 1er au 14 août : période pluvieuse et froide ;

*c'*) du 15 au 23 août : où la température reste encore basse, mais avec une pluviométrie beaucoup plus faible.

## 7. Contrôle de l'évolution de la maladie

*a*) **Détermination de la surface foliaire détruite.** — Plusieurs auteurs (3 et 4) utilisent une échelle de notation qui permettrait à un observateur exercé une estimation précise de la surface détruite. Nous avons préféré reprendre la méthode que nous utilisons ordinairement pour l'essai des spécialités fongicides.

On compte le nombre de demi folioles attaquées, sur cinq feuilles prises dans la zone moyenne de deux tiges, ces tiges étant choisies de part et d'autre d'un pied de Pomme de terre. La même opération est répétée sur dix plantes prises au hasard dans chaque parcelle.

*b*) **Estimation de l'efficacité proprement dite.** — Nous avons adopté le principe de la méthode décrite par Large (1). Celle-ci consiste à établir pour chacune des parcelles de l'essai la courbe de développement de l'infestation en fonction du temps.

L'examen de cette courbe permet de déterminer la date de semi-destruction du feuillage pour la parcelle correspondante.

Large a choisi l'intervalle de temps séparant les dates de semi-destruction des parcelles traitées et témoins comme critère numérique de l'effet protecteur dû au traitement.

La courbe de développement de l'infestation peut être remplacée par une droite d'une lecture plus aisée, au moyen de la transformation en probits. Ceci n'implique pourtant pas que la destruction du feuillage par la maladie suive rigoureusement la loi de probabilité sur laquelle est basée la transformation en probits, mais on a souvent trouvé une relation linéaire entre la courbe de destruction exprimée en probits et le temps. Large a d'ailleurs tenté de déterminer la signification biologique de cette relation :

Si l'on considère une attaque de Mildiou à son début, elle suit une loi de croissance qui s'exprime par la formule :

$$a = Ke^{rt},$$

dans laquelle :

$a$ = surface infestée,

$r$ = nombre d'unités d'aire infestée,

$t$ = temps nécessaire à une unité pour donner $r$ *unités*.

Si A est la surface totale, ceci reste valable tant que A reste très grand par rapport à $a$.

Quand l'infection est importante, on a une diminution de la vitesse de l'attaque, soit :

$$\frac{da}{dt} = ba\,(A - a).$$

Nous avons donc un cas analogue à celui étudié par M. KENDRICK et KESAVA PAI (2) : la croissance de bactéries en milieu limité.

Intégrons par rapport à $t$, on obtient :

$$a = \frac{A}{1 + \frac{A - a_0}{a_0} e^{-Abt}},$$

où $a_0$ est la valeur de $a$ au temps $t = 0$,
et A et $b$ des constantes à déterminer.

Si A = 1,
et $a_0 = 0{,}0001$ (au début de l'attaque),
on a :

$$a = \frac{0{,}0001}{e^{-bt} + 0{,}0001}.$$

Cette loi de croissance correspond correctement à la courbe intégrale de probabilité :

$$a = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{1}{2}t^2}$$

## IV. — RÉSULTATS OBTENUS

### 1. FONCTIONNEMENT DES APPAREILS

#### A. — Essais préalables (au laboratoire)

*a*) **Homogénéité transversale.** — Le tableau II indique les variations de débit pour chaque buse des pulvérisateurs. On voit que, pour le pulvérisateur ordinaire, les variations paraissent dues au hasard, tandis que pour le pulvérisateur à jet porté, le débit est nettement dissymétrique.

*b*) **Homogénéité longitudinale** (Régularité du débit dans le temps). — L'appareil de pulvérisation ordinaire donne un débit sensiblement régulier. Le débit de l'appareil de pulvérisation à jet porté varie avec le niveau de bouillie dans le réservoir et avec le degré d'engorgement du filtre.

*c*) **Facilité de réglage.** — Il est possible de relier le débit de l'appareil de pulvérisation ordinaire à l'indication du manomètre.

Il n'est pratiquement pas possible de régler le débit de l'appareil de pulvérisation à jet porté avec le robinet « pointeau » gradué prévu à cette intention.

TABLEAU II

*Variation de débit relevé entre les buses*

| Pulvérisation ordinaire | | | Pulvérisation à jet porté | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° des buses | Débit g/s | Ecart à la moyenne p. 100 | N° des buses | Débit g/s | Ecart à la moyenne p. 100 |
| 1 | 26,8 | — 7,0 | 1 | 7,34 | — 21 |
| 2 | 31,7 | + 6,8 | 2 | 7,34 | — 21 |
| 3 | 25,7 | — 11,0 | 3 | 7,34 | — 21 |
| 4 | 36,0 | + 14,8 | 4 | 10,30 | + 11 |
| 5 | 27,2 | — 5,8 | 5 | 11,50 | + 23 |
| 6 | 32,0 | + 11,5 | 6 | 12,50 | + 33 |
| 7 | 27,0 | — 5,9 | | | |
| 8 | 27,2 | — 5,3 | | | |
| 9 | 26,4 | — 8,1 | | | |
| Moyenne : 28,9 ± 2,7 | | 12,1 | Moyenne : 9,4 ± 2,46 | | 25 |

On n'a pu effectuer d'essais analogues sur les appareils de poudrage.

## B. — Essais sur le terrain

Chaque appareil traitant 4 parcelles de 40 m de long, séparées les unes des autres, il était nécessaire d'arrêter le débit de produit entre chacune des 4 parcelles.

*a*) **Variation de débit constatée entre les parcelles** (régularité dans le temps). — Ces essais étaient réalisés pour un réglage donné de l'appareil.

(Voir tableau III et IV).

De tels essais n'ont pu être faits pour les poudreuses ; il a cependant semblé que la poudreuse sèche donnait un débit régulier, ce qui n'était pas le cas de la poudreuse humide.

*b*) **Quantités de cuivre réellement épandues sur les parcelle** (voir tableau IV). — Le calcul de la quantité épandue réellement est le résultat des mesures de débit-concentration d'une parcelle à l'autre, et des mesures de vitesses d'avancement. Les chiffres du tableau IV relatifs aux poudrages ne sont pas comparables à ceux concernant les pulvérisations. La mesure des variations de débit d'une parcelle à l'autre n'ayant pas été faite pour les poudreuses, les écarts entre les chiffres mentionnés ne sont dûs qu'aux écarts de vitesse.

## Tableau III

*Variation de débit constatée entre les parcelles (1re application)*

Pulvérisation ordinaire ([1]) :

| N° des parcelles | Débit de la buse 1 | Débit de la rampe g/sec | Vitesse d'avancement m/s | Débit par hectare kg/ha | Concentration en cuivre p. 100 | Cu par ha en kg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 ....... | 26,5 | 257 | 1,05 | 340 | 1,25 | 4,25 |
| A2 ....... | | (239) | 0,87 | (382) | (1,3) | 4,97 |
| A3 ....... | 23,4 | 227 | 1,08 | 292 | 1,4 | 4,09 |
| A4 ....... | 23,9 | 232 | 0,89 | 361 | 1,25 | 4,52 |

Pulvérisation à jet porté ([2]) :

| N° des parcelles | Débit de la buse g/sec | | Débit de la rampe ([3]) g/sec | Vitesse d'avancement m/sec | Débit par ha kg/ha | Concentration en cuivre p. 100 | Cu par ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Partie | Moyenne | | | | | |
| B1 ....... | | 7,41 | 57 | 0,87 | 136,5 | 3,47 | 4,74 |
| B2 ....... | | 9,93 | 76,2 | 0,91 | 174,5 | 3,33 | 5,82 |
| B3 ....... | | 12,81 | 98,4 | 0,85 | 241,0 | 2,84 | 6,84 |
| B4 ....... | | 10,46 | 80,4 | 1,00 | 167,4 | 5,7 | 8,55 |

## Tableau IV

*Quantités de cuivre réellement épandues sur les parcelles* (1ere application)

| Mode de traitement | Quantité de cuivre (kg par ha) | | | | | Ecarts | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcelle 1 | Parcelle 2 | Parcelle 3 | Parcelle 4 | Moyenne | à la moyenne | à la quantité théorique |
| Pulvérisation ordinaire ........... | 4,25 | 4,97 | 4,09 | 4,52 | 4,46 | 9 p. 100 | — 11 p. 100 |
| Pulvérisation à jet porté........... | 4,74 | 5,82 | 6,84 | 8,55 | 6,49 | 25 p. 100 | + 30 p. 100 |
| Poudrage sec ...... | (4,53) | (3,20) | (3,20) | (4,41) | 3,84 | (19) p. 100 | — 23 p. 100 |
| Poudrage humide... | (2,07) | (2,00) | (2,35) | (2,13) | 2,14 | (7) p. 100 | — 53 p. 100 |

([1]) Les chiffres entre parenthèses sont approximatifs, le débit de la buse n'ayant pas été mesuré (on a fait la moyenne des trois autres débits et des 3 autres concentrations).

([2]) Les mesures au laboratoire ayant mis en évidence de grosses irrégularités de débit et de concentration dans le temps, deux prélèvements ont été effectués, pour chacune des buses, respectivement au début et à la fin de chaque parcelle.

([3]) Compte tenu des tarages effectués au laboratoire.

## 2. VARIATION DES DÉPOTS DE CUIVRE SUR LE FEUILLAGE

### *a*) Rétention initiale

*Première application* : les quantités de cuivre retrouvées sur le feuillage sont très variables selon le mode de traitement. On constate une grosse différence entre les pulvérisations qui ont respectivement apporté 16,2 $\gamma$ ($\pm$ 0,7) et 13,2 ($\pm$ 2,6) $\gamma/cm^2$ et les poudrages pour lesquels les chiffres sont beaucoup plus faibles : 3,7 $\gamma$ ($\pm$ 0,4) et 5,9 $\gamma$ ($\pm$ 1,2) au $cm^2$.

On observe également une variation importante d'une répétition à l'autre dans le cas des poudrages, secs ou humides, et de la pulvérisation à jet porté.

Les dépôts varient de :

20,4 à 9,2 $\gamma$ pour les pulvérisations à jet porté,

4 à 2 $\gamma$ pour les poudrages humides,

7,9 à 4,2 $\gamma$ pour les poudrages à secs.

Seule la pulvérisation ordinaire à haute pression a assuré une répartition à peu près constante au moins sur les 3 répétitions pour lesquelles nous avons des prélèvements suffisants.

*Deuxième application* : les quantités de produits apportées sont assez différentes de celles trouvées au cours du premier traitement. Elles sont plus faibles dans le cas des pulvérisations : 10,2 et 10,7 $\gamma$ par $cm^2$ et au contraire beaucoup plus fortes pour le poudrage humide (16 $\gamma$) alors que les chiffres sont à peu près identiques pour le poudrage sec : 5,8 $\gamma$ par $cm^2$.

L'importance des dépôts a peu varié d'une répétition à l'autre. Seuls deux traitements par poudrage à sec et un traitement par pulvérisation ordinaire et à jet porté se sont montré nettement inférieurs aux autres.

### *b*) Ténacité

De grandes réserves doivent être faites sur cette étude par suite de l'hétérogénéité des résultats. Une bonne persistance des produits a été observée après le premier traitement. Elle varie de 50 à 75 p. 100. L'importance de ces chiffres est liée à la faible pluviométrie observée au cours de la période s'étendant du 5 au 17 juillet.

La forte chute de pluie (36 mm) du 1er août a entraîné un lessivage des feuilles beaucoup plus important. Comme on pouvait s'y attendre, ce sont les pulvérisations qui ont montré le plus de persistance, sans qu'il soit possible de les séparer. Les résultats des poudrages ont été plus imprévus. Le poudrage humide pour lequel les quantités épandues étaient

extrêmement élevées a montré peu de persistance (5 à 10 p. 100), ceci est dû sans doute à une grosse irrégularité dans le traitement, les excès de

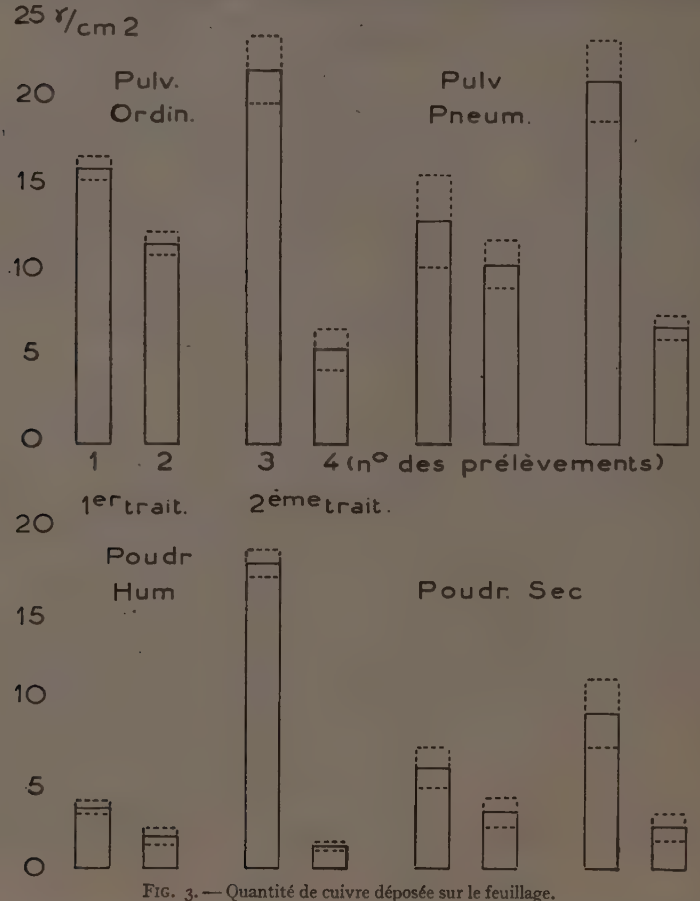



Fig. 3. — Quantité de cuivre déposée sur le feuillage.

poudre ayant été rapidement lavés. Au contraire, les faibles quantités de produits dispersés par poudrage à sec, se sont montrées beaucoup plus tenaces (15 à 30 p. 100) (Voir fig 3).

### 3. PROTECTION CONTRE LE MILDIOU. — (Voir fig. 4 et 5).

#### *a*) Date de semi-destruction du feuillage

*Parcelles témoins* : la moitié des fanes était détruite dès le 10 août, à l'exception de la rangée n° 4 où les dates de destruction s'échelonnent jusqu'au 16 août (témoin correspondant à un poudrage à sec).

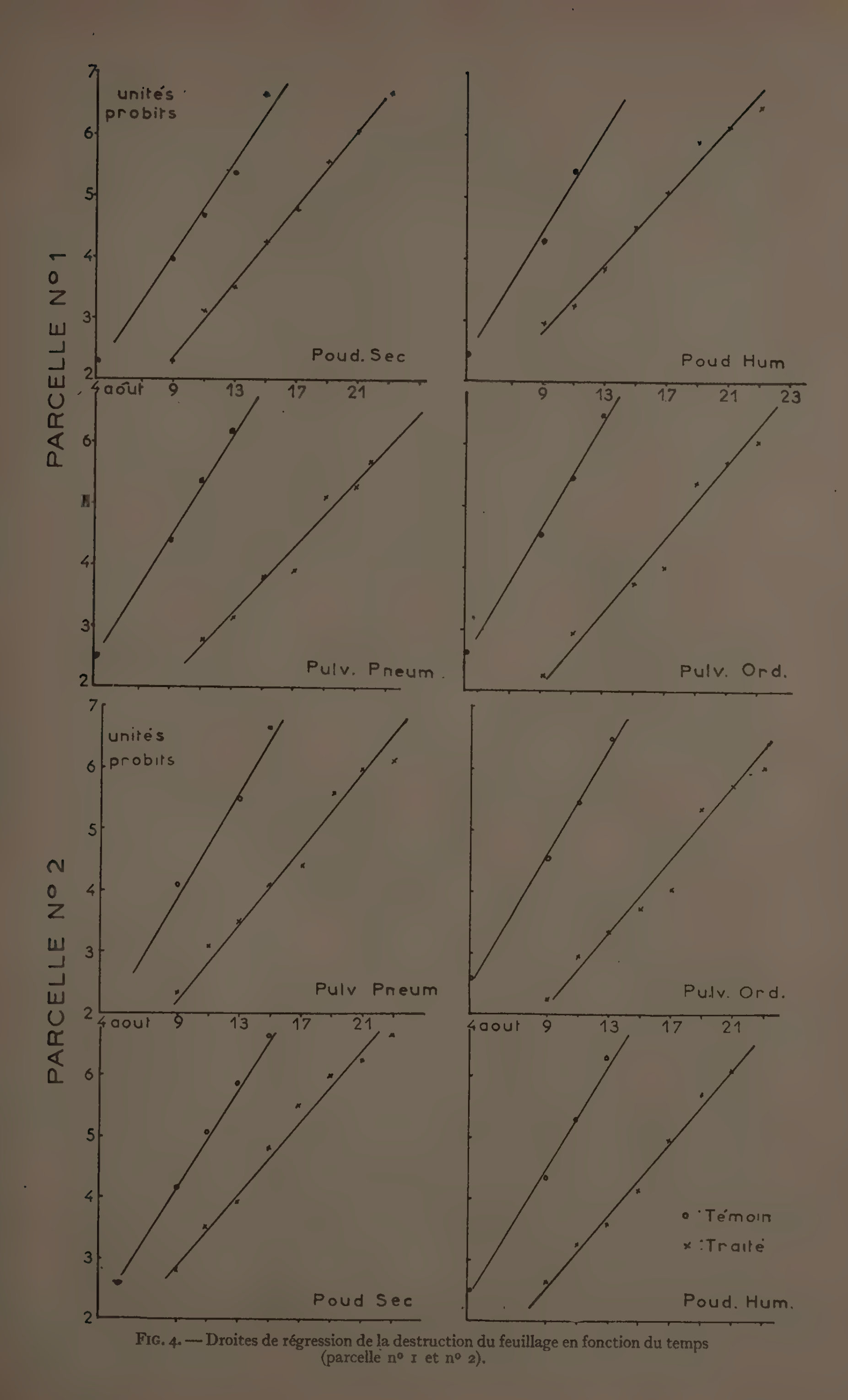



FIG. 4. — Droites de régression de la destruction du feuillage en fonction du temps (parcelle n° 1 et n° 2).

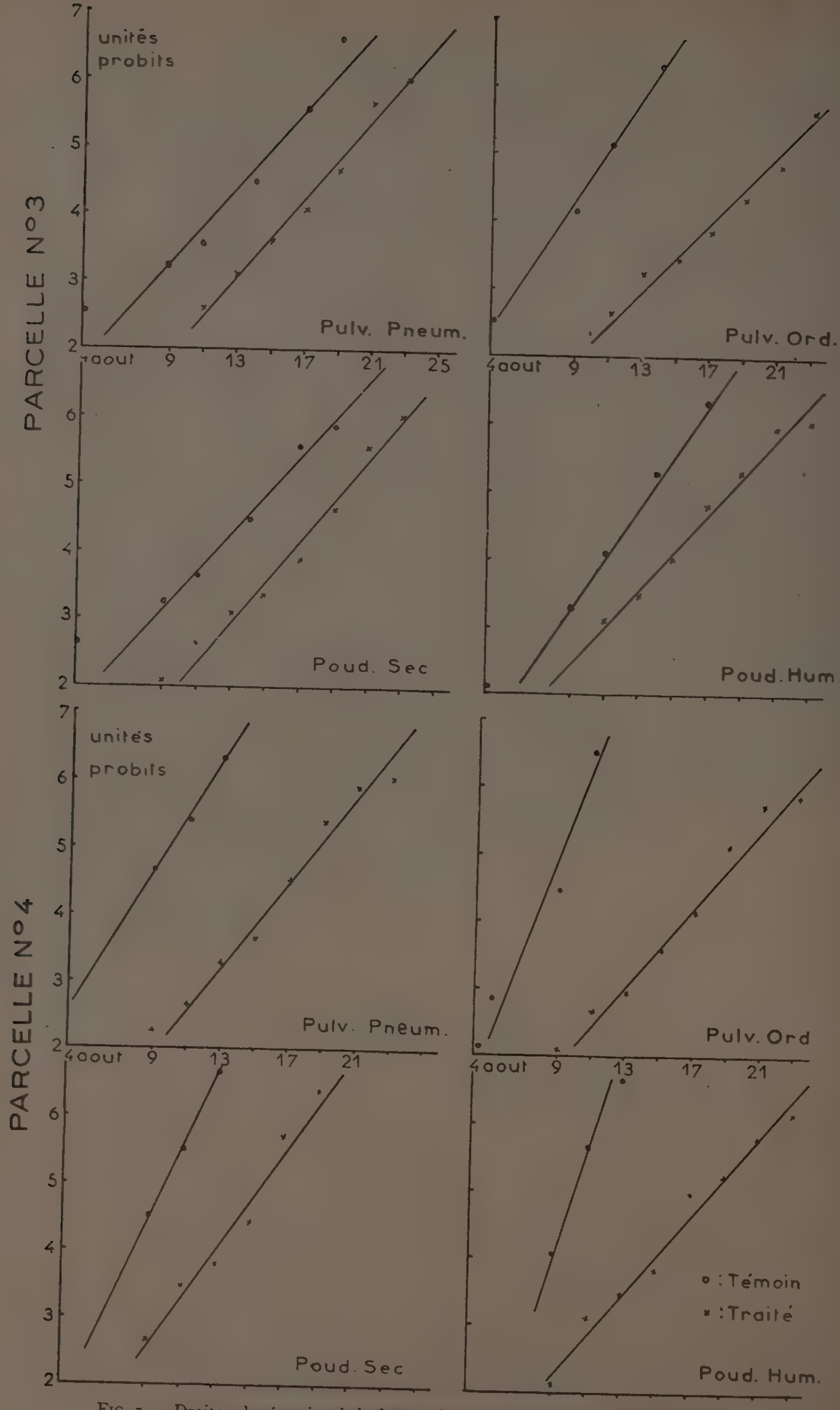



FIG. 5. — Droites de régession de la destruction du feuillage en fonction du temps (parcelles n° 3 et n° 4).

*Parcelles traitées* : Il n'y a pas de grandes différences entre les dates de demi-destruction propres aux différents modes de traitement, les points extrêmes se rencontrant dans le cas d'un poudrage sec (15 août) et dans celui d'une pulvérisation à haute pression (21 août). Cependant dans l'ensemble les pulvérisations ont assuré une protection plus longue que les poudrages.

### *b*) Gain obtenu dans la durée du feuillage

L'examen des chiffres précédents nous permet d'estimer le degré de protection assuré par chaque mode de traitement. Celui-ci a été en moyenne de :

10 ± 1/4 j. pour la pulvérisation ordinaire.
8 ± 1 1/4 j. pour la pulvérisation à jet porté.
6 ± 1 1/2 j. pour le poudrage humide.
5 ± 1/4 j. pour le poudrage sec.

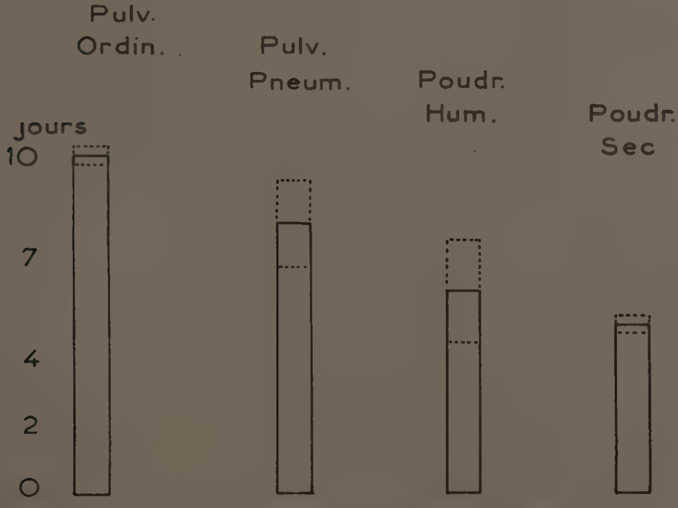



Fig. 6. — Accroissement de la persistance du feuillage.

### *c*) Détermination du seuil de protection

Cette détermination a été effectuée uniquement sur les pulvérisations qui seules dans l'essai ont assuré une répartition homogène du produit sur le feuillage, encore qu'il faille faire quelques restrictions pour la pulvérisation à jet porté.

Si l'on admet avec Large que l'on peut assurer la protection d'une culture dont l'infestation ne dépasse pas 1 p. 100, on voit que l'extrême limite de protection (1 à 2 jours) correspond à un dépôt de cuivre de 6 à 8 $\gamma$ par $cm^2$.

Dans le cas d'un traitement où la couverture est particulièrement homogène, sans guttation, 5 à 6 $\gamma$ de cuivre peuvent suffire. Si l'on admet que, dans la pratique, les traitements sont exécutés avec moins de soin et que d'autre part, les délais nécessaires à leur exécution peuvent atteindre 2 à 3 jours, on voit que le chiffre de 10 $\gamma$ souvent avancé laisse une grande marge de sécurité (au moins 6 jours).

### *d*) Singularités présentées par les courbes de développement du Mildiou

Large, dans ses expérimentations, a observé un parallélisme constant entre les droites probits des parcelles témoins et traitées qui l'amène à conclure au rôle strictement préventif des sels de cuivre dans la lutte contre le Mildiou. Or, au cours de notre essai, ce parallélisme étroit n'a été constaté qu'exceptionnellement, dans des circonstances un peu particulières (Série IV, parcelles B, C, D).

Il s'agit sans doute d'une influence des conditions atmosphériques. Celles-ci ont été beaucoup moins favorables à la maladie pendant les deux dernières décades d'août, de sorte que les courbes d'infestation dans les parcelles où le Mildiou a été retardé par un traitement efficace, montrent une pente plus faible que celle du témoin correspondant ; seules les parcelles (IV, B, C, D) indiquées ci-dessus où les dates d'infestation des parties témoins et traitées ont été peu différentes l'une de l'autre, montrent des courbes de développement de la maladie à peu près parallèles.

Ce manque de parallélisme introduit une cause d'erreur dans l'évaluation des dates de semi-destruction, mais comme ce phénomène n'apparaît que pour des traitements d'efficacité nettement différente donc faciles à séparer, son importance est faible.

L'observation de certaines sigmoïdes [1] montre une amorce de palier correspondant à un niveau d'infestation voisin de 75-80 p. 100. Malheureusement, nos numérations ne se poursuivent pas assez loin pour nous permettre de conclure à la présence d'un palier réel. Ce ralentissement dans l'évolution de la maladie a surtout été observé dans les parcelles où le cuivre déposé était particulièrement apparent. On peut peut-être conclure à l'action fongicide de ce dépôt limitant passagèrement l'extension du Mildiou. Une pluie ultérieure, entraînant une certaine quantité de

[1] Courbes non transformées de destruction du feuillage en fonction du temps.

cuivre, permet une nouvelle extension et ainsi de suite... On aurait ainsi une série de sigmoïdes amorties. Si cette hypothèse se vérifiait, le cuivre pourrait ainsi indirectement influencer la pente de la courbe, sans qu'il y ait effet curatif.

Un changement défavorable dans les conditions climatiques peut d'ailleurs amorcer également un changement de pente, mais non un palier.

### *e*) Comparaison des résultats

Nous avons comparé dans le Tableau V les résultats de l'action sur la maladie avec l'adhérence du sel de cuivre (Voir Tableau V).

TABLEAU V

*Tableau récapitulatif des résultats obtenus*

| Nature du traitement | Dates de demi-destruction du feuillage Parcelles traitées et non traitées | Gain obtenu dans la durée du feuillage (en jours) | Variation de la quantité de Cu déposée sur les feuilles ($\gamma/cm^2$) : 1er traitement : 5 juillet Pluie : 27 mm | | | 2e traitement : 17-18 juillet Pluie : 79 mm | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1er prélèvement 5 juillet | 2e prélèvement 16 juillet | Rétention p. 100 | 1er prélèvement 17 et 18 juillet | 2e prélèvement 9 août | Rétention p. 100 |
| Pulv. ord. : | | | | | | | | |
| I ....... | 10/19/8 | 9 | 17,8 | 11,3 | 60 | 16,2 | 6,4 | 40 |
| II ....... | 10/20/8 | 10 | 15,3 | 13,7 | 90 | 24,3 | 8,1 | 30 |
| III ....... | 9/19/8 | 10 | 15,4 | 10,7 | 70 | 22,6 | 2,3 | 10 |
| IV ....... | 11/21/8 | 10 | 11,5 (1 seul chiffre) | 11,4 | | 24,8 | 5,5 | 20 |
| Moyenne .... | | 10 ± 1/4 | 16,2 ± 0,7 | 11,8 ± 0,6 | | 22 ± 2 | 5,6 ± 1,2 | |
| Pulv. pneum. : | | | | | | | | |
| I ....... | 10/20/8 | 10 | 20,4 | 12,3 | 60 | 25,7 | 8,5 | 30 |
| II ....... | 10/18/8 | 8 | 9,7 | 6,7 | 70 | 18,7 | | |
| III ....... | 10/19/8 | 9 | 13,7 | 13,4 | | 25,2 | 6,1 | 20 |
| IV ....... | 15/19/8 | 4 1/2 | 9,2 | | | 15,9 | 6,3 | 40 |
| Moyenne .... | | 8 ± 1 1/4 | 13,2 ± 2,6 | 10,7 ± 1,4 | | 21,4 ± 2,4 | 7 ± 0,7 | |
| Poud. hum. : | | | | | | | | |
| I ....... | 10/17/8 | 7 | 2,4 | 0,8 | 30 | 15,8 | | |
| II ....... | 10/17/8 | 7 | 2 | | | 20 | 1,3 | 5 |
| III ....... | 10/18/8 | 8 | 4 | 2,4 | 60 | 20,2 | 1,9 | 10 |
| IV ....... | 13/17/8 | 4 | 2,7 | 2 | 70 | 15,8 | 1 | 5 |
| Moyenne .... | | 6 ∓ 1 1/2 | 3,7 ± 0,4 | 2 ± 0,4 | | 18 ± 0,8 | 1,4 ± 0,2 | |
| Poud. sec : | | | | | | | | |
| I ..... | 12/17/8 | 5 | 6,5 | 4,7 | 70 | 6,3 | 1 | 15 |
| II ....... | 11/16/8 | 5 | 5 | 1,5 | 30 | 5,3 | | |
| III ....... | 10/15/8 | 5 1/2 | 4,2 | 2,2 | 50 | 12,8 | 4,3 | 30 |
| IV ....... | 16/20/8 | 4 | 7,9 | 5,1 | 65 | 12,6 | 1,8 | 15 |
| Moyenne .... | | 5 ± 1/4 | 5,9 ± 0,9 | 3,4 ± 0,9 | | 9,2 ± 2 | 2,4 ± 0,8 | |

## V. — RÉSUMÉ

Nous avons essayé comparativement 4 modes d'application d'un oxychlorure de cuivre contre le Mildiou de la Pomme de terre : pulvérisation ordinaire, pulvérisation à jet porté, poudrage sec, poudrage humide. Dans tous les cas, nous avons cherché à épandre 5 kg de cuivre par Ha.

Les points suivants ont été examinés : fonctionnement des appareils, régularité des traitements, efficacité contre la maladie.

Sur les 4 appareils de traitement, réglés avec un très grand soin pour épandre 5 kg de cuivre par hectare, les débits constatés varient de 2 à 8,5 kg ; et ces débits ont été irréguliers pour un même appareil. Les moyennes pour la première application ont été de :

| | |
|---|---|
| Pulvérisation ordinaire | 4,46 kg. de Cu par ha |
| Pulvérisation à jet porté | 6,49 kg. de Cu par ha |
| Poudrage sec | 3,84 kg. de Cu par ha |
| Poudrage humide | 2,14 kg. de Cu par ha |

On se demande avec un certain effroi ce qu'un appareil de traitement peut bien épandre, dans les conditions normales d'emploi. Jusqu'ici la seule parade à cette hétérogénéité de l'épandage consiste à doubler ou tripler la quantité de produit reconnue comme normalement efficace, ce qui entraîne des frais considérables pour l'utilisateur.

Il serait plus logique d'aménager les appareils pour qu'ils assurent un épandage régulier : c'est là un problème de construction.

Les dépôts de cuivre sur le feuillage ont été très variables suivant les modes de traitement, les pulvérisations déposant beaucoup plus de cuivre que les poudrages (1er traitement) :

| | |
|---|---|
| Pulvérisation ordinaire | 15 à 18 $\gamma$ de cuivre par $cm^2$ |
| Pulvérisation à jet porté | 9 à 20 $\gamma$ de cuivre par $cm^2$ |
| Poudrage sec | 4 à 8 $\gamma$ de cuivre par $cm^2$ |
| Poudrage humide | 2 à 4 $\gamma$ de cuivre par $cm^2$ |

Seule, la pulvérisation ordinaire (à haute pression) a donné un dépôt suffisamment constant.

Il y aurait intérêt à connaître le « rendement réel » des traitements, c'est-à-dire la proportion du produit épandu, qui se retrouve sur le feuillage traité. Nous ne pouvons le calculer en valeur absolue, faute de connaître avec précision la surface foliaire d'un hectare de la culture. Il est cependant possible d'en obtenir des valeurs relatives approchées. Ce calcul donne les résultats suivants (en pourcentage) :

| | |
|---|---|
| Pulvérisation ordinaire | 30 |
| Pulvérisation à jet porté | 17 |
| Poudrage sec | 13 |
| Poudrage humide | 14 |

La ténacité, à la suite de la première application, s'est montrée plus élevée pour les pulvérisations :

Pour chaque mode de pulvérisation : environ 75 p. 100.

Pour chaque mode de poudrage : environ 55 p. 100.

TABLEAU VI

*Résumé des résultats obtenus dans les différents types de traitement*

| Résultat considéré : | Pulvérisation ordinaire | Pulvérisation à jet porté | Poudrage sec | Poudrage humide |
|---|---|---|---|---|
| Dépenses de cuivre en kg. par ha. (1re application) | 4,46 | 6,49 | 3,84 | 2,14 |
| Dépôts de cuivre (1re application) | 16,2 | 13,2 | 5,9 | 3,7 |
| en $\gamma$ par $cm^2$ : (2e application) | 10,2 | 10,7 | 5,8 | 16 |
| Rendement réel relatif (1re application) | 30 | 17 | 13 | 14 |
| Efficacité (survie du feuillage en jours) : | 10 | 8 | 5 | 6,5 |

L'efficacité des traitements contre le Mildiou peut être exprimée par le retard, en jours, avec lequel intervient la destruction de la moitié du feuillage. Dans notre expérience, les valeurs suivantes ont été obtenues:

Pulvérisation ordinaire ........................ 10 jours
Pulvérisation à jet porté ........................ 8 jours
Poudrage sec.................................. 5 jours
poudrage humide ............................ 6,5 jours

Tous ces résultats, parfois schématisés, ont été rassemblés dans le tableau V.

## VI. — CONCLUSION

Comparer l'ensemble de ces résultats, c'est condamner les poudrages cupriques, qui se montrent inférieurs en rendement réel, en rétention initiale, en ténacité et, résultante de ces éléments physiques, en efficacité.

La pulvérisation à jet porté a été inférieure à la pulvérisation ordinaire à haute pression, d'autant plus que cette dernière a utilisé moins de cuivre.

Il est difficile de noter une supériorité du poudrage humide sur le poudrage sec.

*Reçu pour publication le 5 août 1945.*

BIBLIOGRAPHIE

(1) LARGE (E. C.). — Field trials of copper fungicides for the control of potato blight. I. Foliage protection and yield. *Annales of applied Biology*, **32**, nº 4, 319-329, 1945.

(2) M'KENDRICK (A. G.), et KESAVA PAI (M.). — The rate of multiplication of micro-organisms : a mathematical study. *Proc. R. Soc. Edinb.* **31**, 649, 1911.

(3) MARSH (R. W.), MARTIN (H.) et MUNSON (R. G.). — Studies upon the copper fungicides. III. *Ann. appl. Biol.*, **35**, 853, 1937.

(4) MOORE (W. C.). — The measurement of plant diseases in the field. *Trans. Brit. mycol. Soc.*, **26**, 28, 1943.

*Le Directeur-Gérant* : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 22-2-1955.
*Dépôt légal : 1er trimestre 1955* *N° d'impression : 553*

# L'ALTISE D'HIVER DU COLZA (*Psylliodes chrysocephala* L.)

PAR

**L. BONNEMAISON et P. JOURDHEUIL**

Station centrale de Zoologie agricole, Versailles.

---

## PLAN DU MÉMOIRE



---

## INTRODUCTION

Les Crucifères oléagineuses, qui étaient cultivées autrefois en diverses régions de la France, étaient fortement attaquées par de nombreux Insectes ; durant la longue période où ces plantes ont pratiquement disparu de la plupart des régions, ces Insectes se sont difficilement maintenus sur les Crucifères sauvages ; ils se sont multipliés rapidement dès que les Crucifères oléagineuses, et notamment le Colza d'hiver, ont été cultivées sur de vastes étendues.

Les Méligèthes, puis la Cécidomyie des siliques et, de façon sporadique, la Tenthrède de la Rave, ont été les Insectes les plus nuisibles de 1940 à 1948. Ce n'est qu'au cours de l'hiver 1948-1949 que l'on a constaté en divers endroits des attaques assez limitées de l'Altise du Colza ; cet Insecte a occasionné l'année suivante des dégâts extrêmement importants. La biologie de l'Altise du Colza n'ayant pas été étudiée en France, nous avons été amené à poursuivre des recherches dans ce sens en parallèle avec la mise au point des méthodes de lutte.

Cette étude a nécessité un grand nombre d'élevages délicats qui ont été réalisés avec le plus grand soin par Mlle MARNE et M. CHANSIGAUD agents techniques à la Station, ce dont nous les remercions très vivement.

## I. — POSITION SYSTÉMATIQUE. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

### A. — Position systématique

L'Altise du Colza (*Psylliodes chrysocephala* L.) appartient à la famille des *Chrysomelidae*, sous-famille des *Halticinae*, tribu des *Halticini* ; les *Halticini* sont facilement identifiables par leur faculté de se déplacer en effectuant des sauts relativement importants.

Le genre *Psylliodes* (Latreille) est caractérisé par ses antennes à 10 articles (alors que les autres genres en possèdent 11) et par le fait que ses tarses postérieurs sont insérés sur l'arête postérieure du tibia fortement en deça de l'extrémité de ce dernier (fig. 1). En outre, le premier article tarsial est très grand et égale à peu près la moitié de la longueur du tibia ; les élytres sont ornés de points disposés en stries (fig. 2).

*Psylliodes chrysocephala* L. a été décrit pour la première fois sous le nom de *Chrysomela chrysocephala* par LINNE (*Syst. Nat. ed.10* p. 372-1758). Chez cette espèce, la tête est visible dorsalement en majeure partie, et roussâtre, au moins à l'avant ; le corps est ovale, allongé, modérément convexe ; le calus huméral est distinct. Les tibias postérieurs

sont étroits, peu courbés, un peu en forme de cuiller à l'extrémité ; le bord de cette excavation est garni d'épines fines et serrées. Le front est finement et densément ponctué, les côtés du pronotum ne sont pas, ou très faiblement, dirigés vers le dehors à leur quart antérieur, rétrécis ensuite jusqu'aux angles antérieurs en une courbe régulière.



FIG. 1. — Patte postérieure.

La synonymie de cette espèce est la suivante :

*Chrysomela chrysocephala* LINNÉ *Syst. Nat. ed.* 10, 1758, *p.* 372 ; *Faun. suec.* 166-535 ; *Fab. Mantissa* 1-77-135 ; *Syst. Eleuth.* 1, 448-57 ; *de Villiers* 1 139-74 ; *Scop. Ent. Corn.* 68-213 ; *Marsham Ent. Brit.* 1. 193-54.

*Galeruca chrysocephala* FABRICIUS *Ent. Syst.* 1 *pars 2a* 31-87.

*Altise noire dorée* GEOFFROY 1, 246. 4.

*Altica chrysocephala* OLIVIER *Enc. Meth. IV. III* 45, DUMESNIL *Dict.* 1 528-20.

*Altica chrysocephala* LATREILLE *Hist. des Crust. et Ins. XII* 9. 11 ; DUFT, *Faun. Aust. III.* 279-58.

*Haltica chrysocephala* ILLIGER *Mag. VI* 174-176 ; *Ent. Hefte II.* 31. GYLLENHALL *Ins. Suec. III.* 568. 37, *id. IV.* 661.

*Macrocnema chrysocephala* STEPHENS *Illust. IV* 319. 6 ; *Manual* 300-2360.

*Psylliodes chrysocephala* REDT. *Fauna. aust.* 538-11.

*Haltica elongata.* GYLL *III.* 570. *id. IV Append.* 661-38.

*Haltica cyanoptera* Illig. *Magaz. VI* 155-157.

*Psylliodes cyanoptera* Redt. *Faun. austr. IV* 538. *11 bis.*

*Altica napi* Panz. *21. 3. Id. Crit. Rev. p.* 75.

*Psylliodes chrysocephala* Mulsant. *Hist. Nat. Col. de Fr. Altisides de Foudras p.* 47, 1859-1860.



Fig. 2. — Imago.

Une demi-douzaine de variétés ont été décrites. Elles diffèrent principalement par la couleur, parfois par la taille. La forme typique, ubiquiste, constitue 90 à 98 p. 100 de la population en France, en Angleterre et en Allemagne ; la tête est roussâtre en avant, les pattes antérieures sont rousses ainsi que l'extrémité des antennes ; le reste du corps est bleu verdâtre à vert noirâtre. Les variétés ont une aire de répartition beaucoup plus limitée et ont été parfois décrites sous des noms différents (Junk, *Cat. Col.* 1940) :

forme *minor*.

*Allardi* Bach. *Käferfn. III Nachtr.* 1866 p. 355.

*rufilabris* All. *Ann. Soc. Ent. Fr.* (3) *VIII* 798-806 1866.

var. *anglica* F. *Syst. Ent.* 1775 *p.* 114. Bedel, Portevin. Côte Atlantique, Espagne, Sud-Ouest de la France, Sud de l'Angleterre, Allemagne moyenne et baltique.

— *anglicana* Gmel. in *L. Syst. Nat. ed. 13 1 4.* p. 1693 (*Altica*) ;

— *nigricollis* Marsh. *Ent. Brit.* 1 1802 p. 204 (*Chrysomela*) ;

— *sordida* STEPH. (*Illustr. Brit. Ent. Mandib. IV*, 1831, p. 320), Angleterre, Allemagne.

*nigricollis* LESSL. Hollande

var. *catinensis* ROTTENB. (*Berl. Ent. Zeitschrift*, XV, 1871, p. 245.) Sicile, Algérie, Tunisie, Grèce ;

*sicardi*, Tunisie ;

*castanea* (*Ann. Soc. Sc. Nat. Provence*, I, C.R., 1907 p. 81) ;

var. *kunzei* FOUDR. (*Ann. Soc. Linn. Lyon* (n. s. ;) VI, 1859 (1860) p. 151-187. Italie, Sud-Ouest Fr., Sud Allemagne ;

var. *angulicollis* HEIKTGR. Portugal, Algérie, Tunisie ;

var. *collaris* WEISE. (*Naturgesch. Ins. Deutsch.* Col. VI, 1888, p. 803-805.) Méditerranée moyenne, Espagne à Péninsule des Balkans, Maroc, Tunisie, Syrie, Asie Mineure. PEYERIMHOFF (*Ann. Soc. Ent. Fr.* XCV, 1926, p. 361) ; sur *Raphanus raphanistrum* (Maroc), *Diplotaxis auriculata* D.R. (Algérie) et sur *Erucastrum elatum* BALL. (Grand Atlas) ;

var. *peregrina* WEISE (*Naturgesch. Ins. Deutsch.* Col. VI, 1888, p. 803-805), Syrie, Asie-Mineure, Chypre ;

*longipennis* PIC. *Echange* 1903, p. 125 (Syrie)) ; *nucea* PEYERIMHOFF (*Ann. Soc. Ent. Fr.*, LXXX, 1911, p. 291), larves dans limbe de *Sinapis pubescens* ;

*inops* PEYERIMHOFF (*Ann. Soc. Ent. Fr.*, LXXXIV, 1915, p. 37) 3,3 à 6 mm caractéristique des hautes régions de l'Algérie dans Djurdjura sur *Brass. gravinae* TEN.

MEUCHE (1940) a fait une étude approfondie des variétés de *Psylliodes chrysocephala* récoltées dans le Ostholstein sur les Crucifères oléagineuses. Sur 4 747 Insectes, il a trouvé 90,9 p. 100 de la forme typique 8,4 p. 100 de la variété *anglica* et 0,7 p. 100 de la variété *nucea*. La forme *anglica* est caractérisée par un pronotum bleu verdâtre ou vert noirâtre et des élytres jaune brun ; la forme *nucea* est entièrement jaune brun (PORTEVIN).

BEDEL mentionne les caractères suivants :

1° Pronotum et élytres entièrement verdâtres ou bleuâtres

*a*) taille assez grande, *typus*,

*b*) taille petite, var. *Allardi* BACH.

2° Pronotum vert foncé, élytres testacé pâle, var. *anglica* F.

Dans la région parisienne, sur plus d'un millier d'Insectes ramassés pendant l'automne 1950, il n'a été trouvé que trois exemplaires de la forme *anglica*, l'un aux Clayes (près de Versailles), un à Cloches (environs de Dreux), le troisième à Nesle (Somme), et un exemplaire de la var. *nucea* à Versailles. Tous les autres Insectes appartenaient à la forme typique.

Nous avons relevé une répartition statistique normale avec une taille

minimum de 3,2 mm et maximum de 4, 65 mm (Insectes morts mesurés de l'extrémité de la tête à celle des élytres). Nous n'avons pas trouvé les individus nains (2,7 à 3 mm) signalés par MEUCHE qui suppose que cette diminution de taille est due à une mauvaise nutrition. En élevage, nous avons généralement obtenu des Insectes plus petits, mais d'une longueur toujours supérieure à 3 mm.

### B. — Répartition géographique

L'aire de répartition géographique de *Psylliodes chrysocephala* L. est extrêmement vaste. Sa présence a été signalée dans toute l'Europe et une partie des continents voisins : France, Allemagne, Angleterre, Hollande, Pays Scandinaves, sud de la Finlande, U. R. S. S., Sibérie, Caucase, Asie Mineure, Chypre, Pays Balkaniques, Suisse, Italie, Sicile, Afrique du Nord, Madère, Espagne, Portugal.

### C. — Importance économique

L'Altise du Colza est très nuisible en Allemagne où les cultures de Crucifères oléagineuses (Colza, Navette) occupent une surface très importante depuis plus de vingt ans. Elle a été signalée dans les régions suivantes : Ostholstein, Mecklembourg, Saxe, Thuringe, Poméranie, Palatinat, Bade et Würtemberg. Les dégâts les plus graves ont été signalés la même année (1939-40) sur les froids plateaux du Würtemberg et dans les régions baltiques à hiver relativement doux.

Des attaques identiques ont été notées en Suisse (GUNTHART, 1940), en Angleterre (CARPENTER, 1906), en Espagne (GARCIA Y TEJERO, 1946).

MULSANT a signalé en 1860 des dégâts sur Chou, Colza et Navette. La disparition des cultures de Crucifères oléagineuses en France vers la fin du siècle dernier a entraîné sa régression. De 1900 à 1940, il a été signalé quelques attaques sporadiques des larves sur racines de Radis (surtout Radis noir) et sur Navet. L'extension considérable des cultures de Colza depuis une dizaine d'années lui a redonné un grand intérêt économique. En 1949-50, les dégâts les plus importants ont été signalés dans les départements suivants : Nord, Pas-de-Calais, Aisne, Somme, Oise, Seine-et-Oise, Eure-et-Loir, Loir-et-Cher, Maine-et-Loire, Mayenne, Seine-et-Marne, Marne. La nuisibilité de l'Insecte fut telle qu'une surface importante de Colza dut être retournée, notamment dans la Marne et dans l'Eure-et-Loir. Dans d'autres départements, le rendement fut généralement diminué de 25 à 30 p. 100. Les graines étaient ridées, plus petites que la normale et le taux d'extraction d'huile a été de 41 au lieu

de 43-44. Une assez forte attaque a été signalée par V. LABEYRIE (1949) sur des Choux de printemps dans le département de la Gironde.

Les dégâts ont été beaucoup moins marqués en 1950-51 par suite des conditions climatiques automnales moins favorables au développement de l'Insecte et de l'application de méthodes de lutte culturales et chimiques.

L'Insecte peut se développer sur un grand nombre de Crucifères cultivées : hampes florales de Navette, Colza, racines de Radis, Navet et Chou. De nombreuses Crucifères sauvages hébergent aussi cette Altise : Bourse-à-Pasteur (*Capsella bursa-pastoris* MOENCH.) (surtout au début de l'automne), Thlaspi (*Thlaspi arvense* L.), Passerage (*Lepidium campestre* R. br.), Cresson des murailles ([1]) *Nasturtium* sp.), Pigamon ([1]) (*Thalictrum majus* L.). En Afrique du Nord, PEYERIMHOFF a trouvé des larves dans le limbe de *Sinapis pubescens*, des adultes sur *Brassica gravinae* TEN., *Rhaphanus raphanistrum* L., *Diplotaxis auriculata* DR., *Erucastrum elatum* BALL.

D'après HEIKERTINGER (1924, 1925, 1926, 1928) et D. GODAN (1951) les adultes peuvent se nourrir des feuilles des plantes suivantes: *Brassica oleracea, B. napus-oleifera, B. rapa-oleifera, B. nigra, Sisymbrium officinale, Sinapis alba, Raphanus raphanistrum, Sinapis arvensis* et *Capsella-bursa-pastoris.*

Les larves peuvent se développer dans les tissus des plantes suivantes : *Brassica napus oleifera, B. rapa oleifera, B. oleracea* (BORNER et BLUNCK 1920, ROEBUCK 1937, BRAUN-RIEHM 1950), *B. napus napobrassica* (ROSTRUP-THOMSEN 1931) *B. rapa-rapifera* (KAUFMANN 1941, ORMEROD 1920), *Rapistrum perenne* (BORNER et BLUNCK 1920), *Raphanus sativus* (en élevage par BORNER et BLUNCK 1920), *Sinapis arvensis* (BORNER et BLUNCK 1920, MEUCHE 1940), *Capsella bursa-pastoris* (MEUCHE 1940), *Thlaspi arvense* (MEUCHE 1940).

Cette Altise a été également signalée comme parasite accidentel du Lin (NOEL 1915) et du Soja (WHAL 1921).

## II. — DESCRIPTION DE L'ŒUF, DES LARVES ET DE L'ADULTE

### A. — Œuf

L'adulte pond des œufs relativement gros par rapport à sa taille. En période de ponte active (septembre), l'œuf mesure entre 0,90 et 0,96 mm de longueur sur 0,40 à 0,43 mm de largeur ; la taille diminue sensiblement en fin de ponte : en décembre, la taille des œufs varie entre 0,81 x 0,37 mm et 0,90 x 0,39 mm. Les derniers œufs pondus peuvent mesurer jusqu'à 0,72 mm mais ils sont déformés et les embryons avortent.

([1]) D'après MULSANT.

Ils sont ovoïdes et ont une coloration orangé pâle ; cette couleur est due au vitellus ; l'embryon lui-même est blanc et se détache nettement sur le vitellus. Le chorion de l'œuf porte en relief un fin réticule polyédrique ; le diamètre des mailles du réseau varie de 10 à 20 μ (fig. 3).

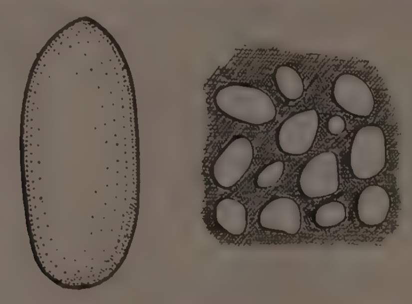


FIG. 3. — Œuf. (A droite, réticulation du chorion).

Le développement embryonnaire est superficiel ; il est facilement repérable grâce aux différences de pigmentation de l'embryon et du vitellus. A 21° et au bout de 24 heures, la coloration orangée s'éclaircit pendant la phase de multiplication nucléaire. Dès le 2e ou le 3e jour, on aperçoit nettement la bandelette germinative. Le 6e jour, elle est déjà bien individualisée du vitellus qui s'est concentré dorsalement. Par éclaircissement au chloralphénol, on peut deviner la métamérisation et la formation de l'entomésoderme. Au 8e jour, les contours embryonnaires se précisent, la localisation du vitellus devient plus floue. 24 heures avant l'éclosion, c'est-à-dire le 10e jour, l'embryon est complètement formé. Le vitellus restant est emprisonné dans le tube digestif de la jeune larve ; on distingue les pattes, les mandibules, le système trachéen. Le 11e jour, les mandibules, puis les plaques segmentaires méso et métathoraciques ainsi que l'œil se colorent en brun roux. La coloration gagne ensuite la partie anale puis la tête et le bouclier prothoracique. Dès le début de la pigmentation, et parfois même avant, l'embryon commence à remuer. Il essaie de mordiller le chorion avec ses mandibules et, ramenant la partie postérieure de son abdomen du côté ventral, il tente par des mouvements d'extension et de compression de faire éclater l'enveloppe et d'élargir l'ouverture qu'il fait avec ses mandibules. Il parvient finalement à sortir la tête et en s'arc-boutant latéralement à l'aide de ses crochets anaux, et toujours par des mouvements d'allongement et de raccourcissement, il arrive à dégager progressivement le corps, puis la partie postérieure, par rétraction en s'agrippant au sol avec les pattes.

La durée de l'éclosion est très variable ; la larve sort généralement 24 heures après la pigmentation des plaques méso et métathoraciques ;

elle peut demander plus de temps et c'est alors une larve complètement pigmentée qui apparaît ; dans quelques cas, elle est à peine colorée.

L'éclosion semble être une phase très délicate du développement de l'Insecte. Aux hautes comme aux basses températures, la mortalité embryonnaire élevée est due à la difficulté qu'éprouve la larve à percer le chorion de l'œuf. La larve meurt d'inanition avant d'avoir pu sortir et on la retrouve parfaitement pigmentée à l'intérieur du chorion. Ce phénomène se produit surtout entre 4 et 12° et 22-30°. Au-dessus de 30°, la mortalité totale doit être attribuée à des développements embryonnaires atypiques.

Les œufs non fécondés subissent, eux aussi, une décoloration, mais celle-ci est générale ; ils prennent finalement une teinte blanchâtre.

## B. — Larves

La larve, comprimée longitudinalement dans l'œuf, se distend dès la percée du chorion (1,20 mm) ; au bout de 24 heures, elle mesure 1,20 à 1,25 mm ; le tube digestif est bourré de réserves ; la larve a une coloration jaunâtre ; elle peut résister à l'inanition pendant 24 à 48 heures et parfois davantage.

L'abdomen est relativement réduit ; à ce moment, la larve est du type campodéiforme. Elle est très agile et se déplace constamment à une vitesse d'environ 1 cm/minute. Elle s'agrippe fortement à l'aide de la portion du corps placée sous le pygidium. S'en servant comme point d'appui, elle se détend en s'aidant des pattes. S'arc-boutant ensuite sur les pattes, elle rétracte l'abdomen et fixe à nouveau le pied sur le sol. Ce pygopode, ainsi que les crochets anaux, jouent un rôle très important dans la progression de la larve mineuse.

Le développement larvaire comporte trois âges ; à chacun de ces âges correspond une forme et une pigmentation bien particulières (fig. 6) de sorte qu'il n'est pas possible de faire une description générale de la larve pour les trois âges.

Au **premier âge**, la larve passe de 1,14 mm de long sur 0,30 mm de large à 3,6 mm sur 0,25 mm ; le seul élément précis de détermination est la largeur de la tête, seule partie entièrement chitinisée (0,27 à 0,285 mm).

La larve est cylindrique, blanc crème. La tête est noirâtre avec une suture frontale triangulaire très visible. Le pronotum est entièrement recouvert d'un bouclier noir, les autres segments sont ornés de larges plaques noires disposées de façon identique sur tous les segments thoraciques et abdominaux (fig. 4). Le pygidium est recouvert dorsalement d'une plaque noire munie à l'extrémité de 2 crochets acérés recourbés vers le haut. Les 3 paires de pattes sont munies de crochets.

La mue est très rapide ; la peau se fend dans la région dorsale, la tête et la partie antérieure du corps se dégagent d'abord, puis la région pygidiale à laquelle la dépouille larvaire reste fixée pendant un certain temps. Dans les galeries larvaires, on ne retrouve généralement de l'exuvie que les parties chitinisées : tête et crochets anaux.

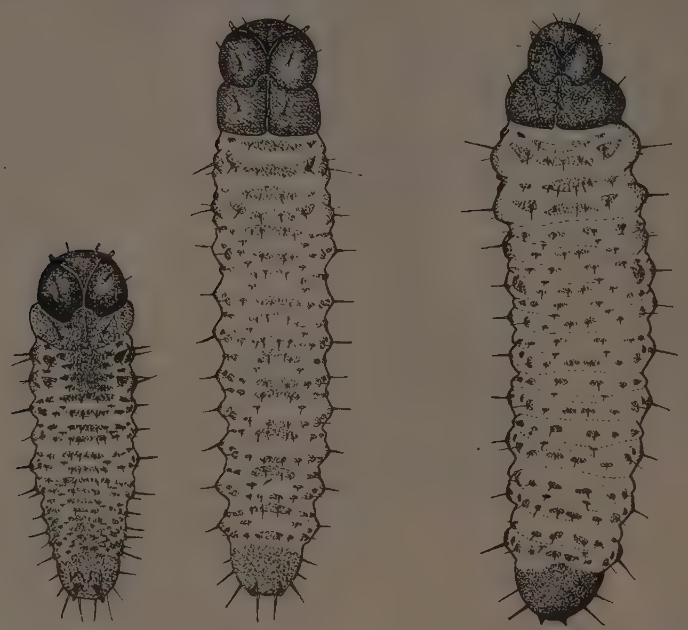


FIG. 4. — Larve au premier âge.
(A gauche, peu après l'éclosion ; à droite, à la fin de l'âge.)

FIG. 5. — Larve au deuxième âge.

La jeune larve au **deuxième âge** (fig. 5) naît complètement dépigmentée sauf la tête qui est légèrement beige ; la larve prend une coloration blanc crème en 24 heures. Les larves au 2e âge mesurent 3,5 à 3,6 mm sur 0,55 à 0,58 mm, à 5,20-5,30 sur 0,8 mm ; la largeur de la tête est de 0,40 à 0,45 mm.

Ces larves ont un abdomen plus volumineux et sont moins mobiles que les larves au premier âge. La tête et les plaques segmentaires sont moins foncées, brunâtres ; la surface des plaques est plus réduite ; la plaque antérieure médio-dorsale de chaque anneau, unique au premier âge, s'est divisée en deux plaques latéro-dorsales plus réduites entourant un macrotriche.

La larve au **troisième âge** (fig. 7) présente, tant du point de vue anatomique que biologique, deux phases nettement différentes, ce qui explique que beaucoup d'auteurs ont séparé cet âge en deux bien qu'il

n'y ait pas de mue entre les deux âges. A la première phase, la larve mesure de 5,2 à 7-8,4 mm, généralement 7,8 mm sur 0,55 mm de dia-

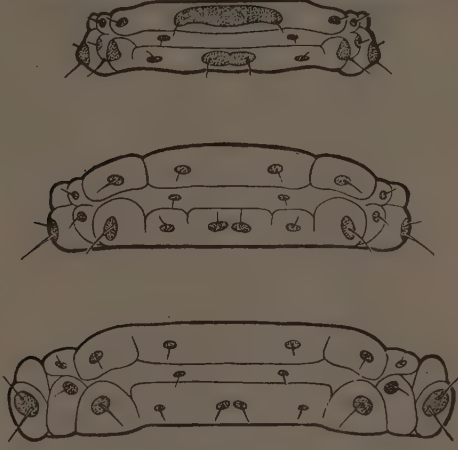


Fig. 6. — Variation de la pigmentation des segments abdominaux des larves, aux différents âges (de haut en bas : 1er, 2e et 3e âges).



Fig. 7. — Larve au troisième âge.

mètre ; la largeur de la tête est de 0,63 mm. Cette larve, blanc jaunâtre, a un abdomen très développé et se rapproche d'une larve éruciforme ; elle se déplace plus difficilement. La pigmentation et l'ornementation

des segments ont presque complètement disparu ; la tête est beige clair ; les plaques segmentaires ne sont souvent plus visibles sauf latéralement (beige très clair) ; il ne subsiste que les macrotriches.

Après ces trois âges de vie active se situe une phase de demi-sommeil pendant lequel la larve, qui a alors migré dans le sol, se prépare à la nymphose. Elle subit des remaniements morphologiques considérables, ne s'alimente plus, devient de plus en plus immobile : c'est la *prénymphe* ou *prépupe* (fig. 8) ; la durée de cet âge égale à peu près celle des deux



FIG. 8. — Prénymphe.

autres âges. La larve ayant atteint sa taille maximum perce la tige et migre dans le sol où elle se creuse une logette discoïdale (le disque étant horizontal) à quelques centimètres de profondeur, généralement 3 cm, parfois 7 ou 8. La larve se place sur le côté en demi-cercle dans cette chambre. Elle se raccourcit, s'élargit et prend l'aspect d'une larve apode ; la peau semble se détacher peu à peu et les pattes deviennent non fonctionnelles. Si l'on retire du sol une larve en début de prénymphose, elle confectionne une nouvelle logette ; sa mobilité décroît peu à peu et elle devient incapable d'édifier un abri. A 20°, au bout d'une dizaine de jours, la peau se fend sur le dos et la nymphe apparaît complètement formée. Cette peau ne subsiste qu'à la hauteur de la tête et du pygidium. Grâce à la mobilité de l'abdomen de la nymphe, cette exuvie finit par se détacher de la tête et reste plus ou moins adhérente au pygidium.

## C. — Nymphe

La nymphe, d'abord entièrement blanche, a la taille et l'aspect de l'adulte. Les antennes sont disposées ventralement entre les tarses antérieurs. Les pattes sont, elles aussi, collées ventralement au corps. Les élytres sont écartés et disposés latéralement (fig. 9).

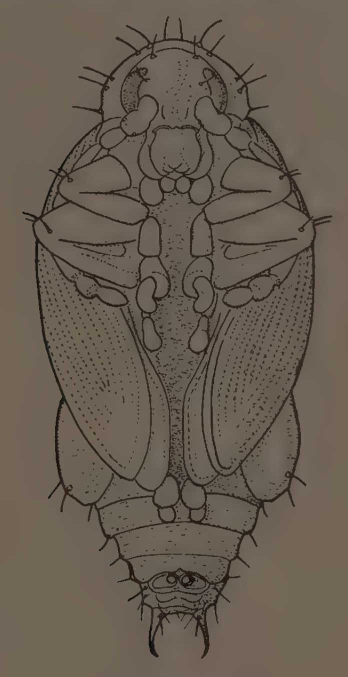


FIG. 9. — Nymphe.

On peut suivre journellement l'évolution de la pigmentation : c'est un repère précieux pour préciser l'âge d'une nymphe et sa date d'éclosion. Voici, par exemple, son évolution à 20-21° : 1 jour : nymphe blanche ; 2 jours : blanche, soies brunes ; 3 jours : blanche, soies brunes ; 3,5 jours : yeux légèrement beige ; 4 jours : yeux beige pâle ; 5 jours : yeux beige ; 6 jours : yeux brun pâle ; 7 jours : yeux bruns ; 7,5 jours : fémur orange, début de coloration de la portion externe des mandibules ; 8 jours : yeux brun noir, mandibule beige, fémur brun ; 9 jours : yeux noirs, mandibules brun roux, fémur brun noir ; 9,5 jours : antennes noires abdomen jaune. 10 jours : éclosion de l'Insecte, de couleur jaune paille ; l'exuvie s'en va en lambeaux ; les yeux sont alors noirs, les pattes beiges, l'extrémité des fémurs noire. 10,5 jours : tête et prothorax noirs ; pattes brunes ainsi que l'abdomen ; élytres gris beige. 11 jours : entièrement brun noir ;

élytres plus clairs. 12 jours : coloration normale. L'espèce de la forme typique présente ainsi au cours des phénomènes de pigmentation les caractères des variétés *peregrina* puis *anglica*.

### D. — Adulte

Nous avons décrit antérieurement l'adulte. Nous ne parlerons ici que du *dimorphisme sexuel*.

Deux caractères permettent de différencier les sexes en dehors des caractères sexuels primaires. La taille ne constitue pas un critère absolu puisque les deux courbes de répartition des sexes en fonction de la taille se chevauchent (fig. 10). La *taille moyenne* des mâles se situe aux envi-

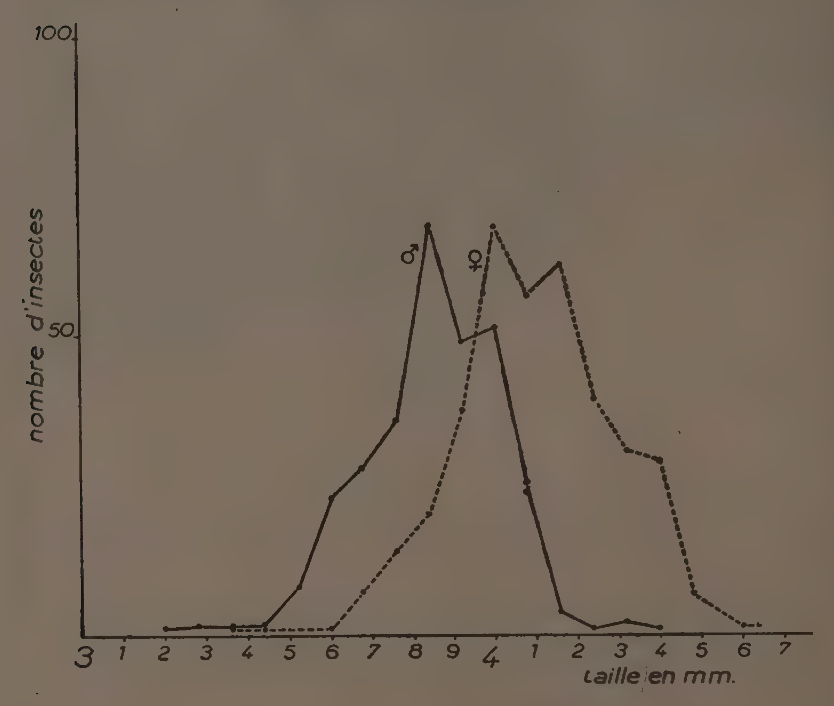



Fig. 10. — Taille des mâles et des femelles.

rons de 3,85 mm (3,2 à 4,4 mm). Les femelles sont généralement plus grosses. La taille moyenne est de 4,08 mm avec un minimum de 3,36 et un maximum de 4, 64 mm. Les femelles ont d'ailleurs une forme ovale arrondie alors que les mâles sont plutôt fusiformes.

TABLEAU I.

*Longueur des mâles et des femelles* (Moissy 1950)

| L | $x = \frac{L-312}{8}$ | Mâles | | | Femelles | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *n* | *nx* | *nx2* | *n* | *nx* | *nx2* |
| 3,20 ........ | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 3,28 ........ | 2 | 2 | 4 | 8 | | | |
| 3,36 ........ | 3 | 2 | 6 | 18 | 1 | 3 | 9 |
| 3,44 ........ | 4 | 2 | 8 | 32 | 1 | 4 | 16 |
| 3,52 ........ | 5 | 8 | 40 | 200 | 0 | 0 | 0 |
| 3,60 ........ | 6 | 23 | 138 | 828 | 2 | 12 | 72 |
| 3,68 ........ | 7 | 28 | 196 | 1 372 | 7 | 49 | 343 |
| 3,76 ........ | 8 | 36 | 288 | 2 304 | 14 | 112 | 896 |
| 3,84 ........ | 9 | 69 | 621 | 5 589 | 20 | 180 | 1 629 |
| 3,92 ........ | 10 | 50 | 500 | 5 000 | 38 | 380 | 3 800 |
| 4,00 ........ | 11 | 52 | 572 | 6 292 | 69 | 759 | 8 349 |
| 4,08 ........ | 12 | 26 | 312 | 3 744 | 57 | 684 | 8 208 |
| 4,16 ........ | 13 | 4 | 52 | 676 | 63 | 819 | 10 647 |
| 4,24 ........ | 14 | 1 | 14 | 196 | 40 | 560 | 7 840 |
| 4,32 ........ | 15 | 2 | 30 | 450 | 31 | 465 | 6 975 |
| 4,40 ........ | 16 | 1 | 16 | 256 | 29 | 464 | 7 424 |
| 4,48 ........ | 17 | | | | 7 | 119 | 2 032 |
| 4,56 ........ | 18 | | | | 1 | 18 | 324 |
| 4,64 ........ | 19 | | | | 1 | 19 | 361 |
| Total ..... | | 307 | 2 798 | 26 966 | 381 | 4 647 | 58 925 |

Moyenne de L : Mâles : 3,85 mm
Femelles : 4,095 mm.

Écart type S : Mâles : 0,273
Femelles : 0,304.

Intervalle de confiance pour P = 0,05 :
Mâles : 3,31 à 4,39 mm
Femelles : 3,487 à 4,70 mm.

Pourcentage de l'échantillon hors de l'intervalle de confiance :
Mâles : 0,04
Femelles : 0,02.

Des mensurations analogues ont été effectuées en Ostholstein par MEUCHE qui trouve généralement des tailles moins élevées et signale en particulier quelques exemplaires nains de 2,7 à 3 mm que nous n'avons pas retrouvés dans la région parisienne.

Un autre caractère sexuel secondaire plus précis réside dans *la forme* du premier article des tarses. Cet article, développé dans le genre *Psylliodes*, présente des modifications morphologiques accentuées. Alors qu'il est cylindrique et de diamètre à peu près constant chez la femelle, il a, chez le mâle, une forme de palette cordiforme, aussi large que haute, qui se pose normalement à plat sur le sol (fig. 11).

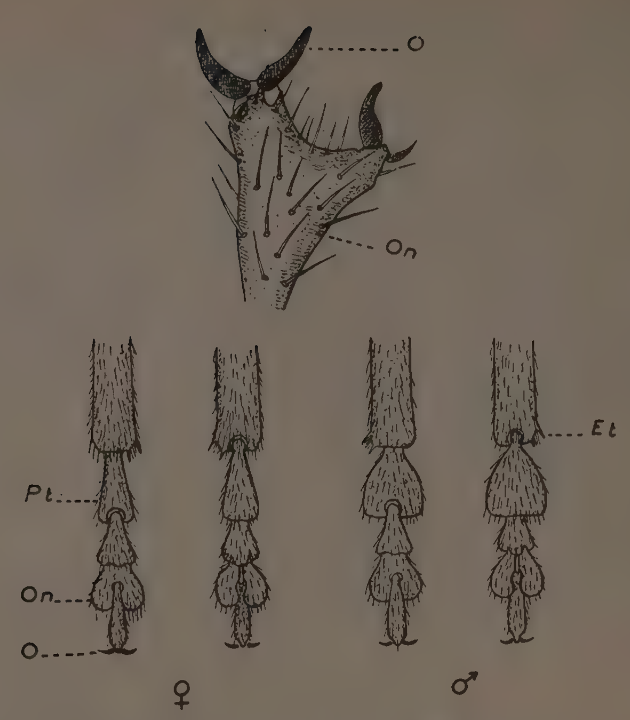



FIG. 11. — Pattes antérieures de femelle et de mâle ; faces tergale et sternale. En haut : anomalie.
Et : Epine tibiale. O : ongle. On : Onychium. Pt : Protarse.

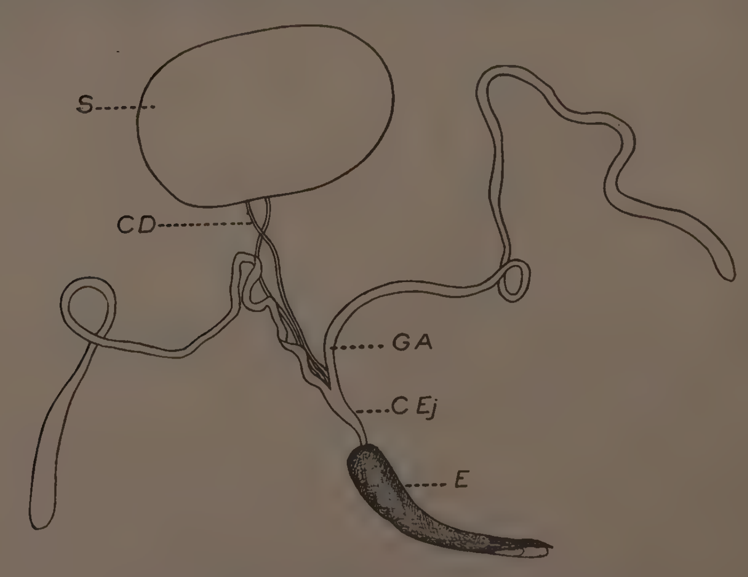



FIG. 12. — Appareil génital mâle immature. C.D. : Canal déférent.
C. Ej. : Canal éjaculateur. E : Edéage. G. A : Glande annexe. S : Scrotum.

## Particularités anatomiques

### 1. Appareil génital mâle

L'appareil génital mâle est composé de trois parties bien distinctes. A la partie dorsale du corps et à la hauteur du métathorax, se trouve une

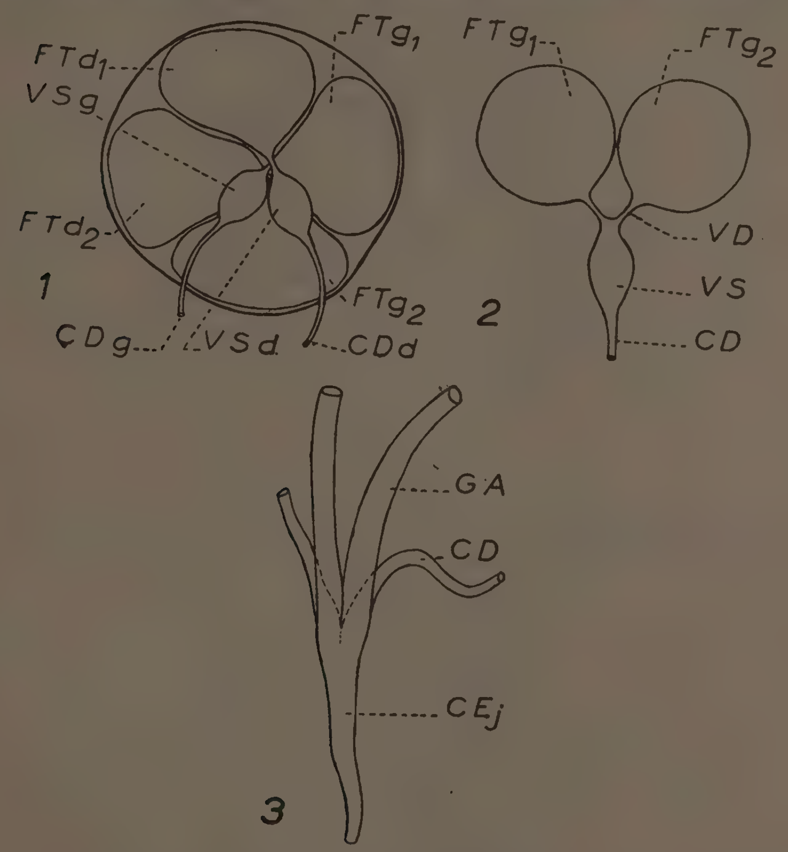



FIG. 13. — Détail de l'appareil génital mâle.
1) Scrotum. C. D d ou g : canal déférent droit ou gauche. F. T. d ou g : follicule testiculaire droit ou gauche. V. S. d ou g : vésicule séminale droite ou gauche.
2) Testicule. V. D : vas deferens.
3) Connexion des glandes annexes et canaux déférents.

masse sphérique orangée déportée sur la droite, d'un diamètre inférieur à la moitié de la largeur du corps. Ce sac contient les deux testicules formés chacun de deux follicules testiculaires sphériques débouchant dans un réceptacle séminal en forme de fuseau. Les deux canaux déférents enserrent l'intestin postérieur pour former finalement un canal impair très court à la hauteur à laquelle débouche les grandes annexes

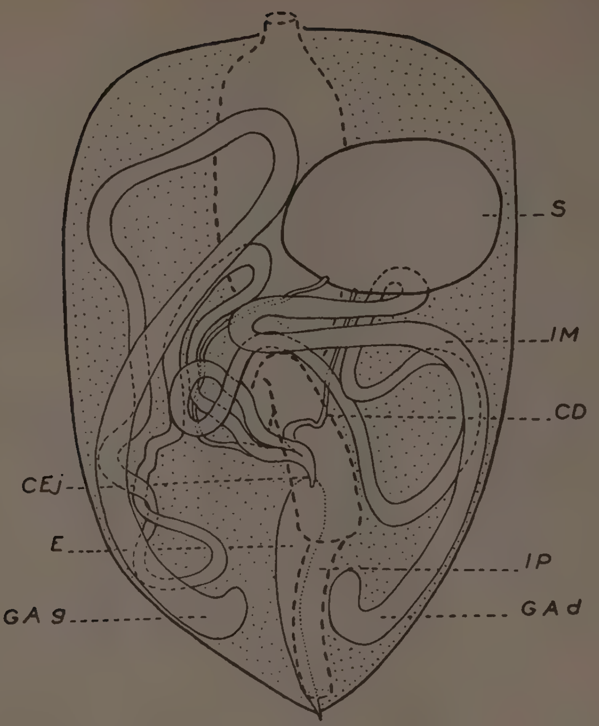



Fig. 14. — Appareil génital mâle à maturité. C. D : canal déférent. C. Ej : Canal éjaculateur. E : Edéage. G. Ad : Glande annexe droite. G. Ag : Glande annexe gauche. I. M : Intestin moyen. I. P : Intestin postérieur. S : Scrotum.

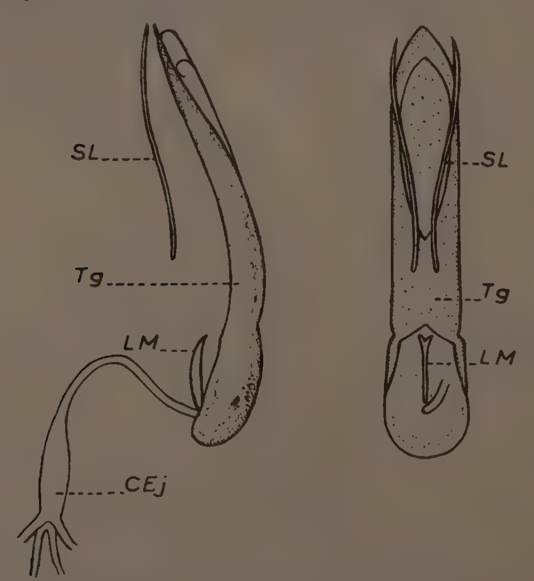



Fig. 15. — Edéage. Vues de profil et de face. C. Ej : Canal éjaculateur. L. M. : lobe médian. S. L : styles latéraux. Tg : Tegmen.

(fig. 12, 13). Ces glandes annexes tubulaires forment de nombreuses circonvolutions qui, au moment de la maturité, remplissent toute la partie dorsale de l'abdomen (fig. 14).

L'édéage, légèrement arqué, pointu à son extrémité distale, possède deux styles latéraux et une fine languette chitinisée à la base (fig. 15).

## 2. Appareil génital femelle

Chez le jeune imago, les deux ovaires se trouvent latéralement de part et d'autre de l'intestin moyen, à mi-hauteur de l'abdomen. Ils sont formés de 6 à 10 ovarioles disposés alternativement sur deux rangs et

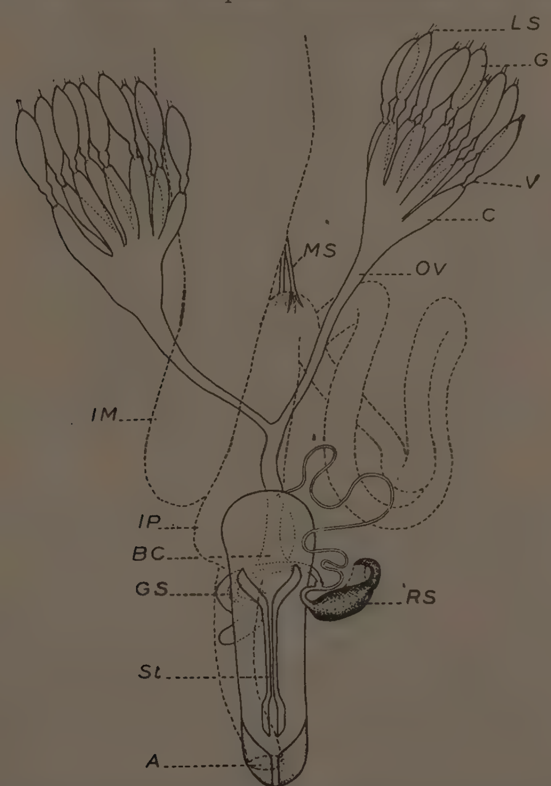



Fig. 16. — Appareil génital d'une femelle immature. A : anus. B. C : Bourse copulatrice. C : calice. G : germarium. G. S : glande tubulaire de la spermathèque. L. S : Ligament suspenseur de l'ovariole. M. S : Muscle suspenseur de l'I. P. Ov : Oviducte. R. S : Spermathèque. St : Style.

débouchant en ligne dans l'oviducte. A cette époque, seuls la chambre germinative, ou germarium, et le calice ont une taille presque normale ; le tube ovarien, ou vitellarium, est réduit à une petite boucle dont le diamètre est environ le 1/10 de la longueur du germarium (fig. 16).

Au moment de la ponte, le vitellarium va croître considérablement pour atteindre 6 à 7 fois la taille du germarium. L'extrémité du germarium atteint alors la région du cou.

Les deux oviductes ont un trajet différent. L'oviducte gauche passe constamment sous l'intestin, l'oviducte droit est inséré dans les anses de l'intestin postérieur avant de devenir coalescent avec l'autre oviducte gauche à la partie ventrale du corps. Ce canal impair débouche dans le

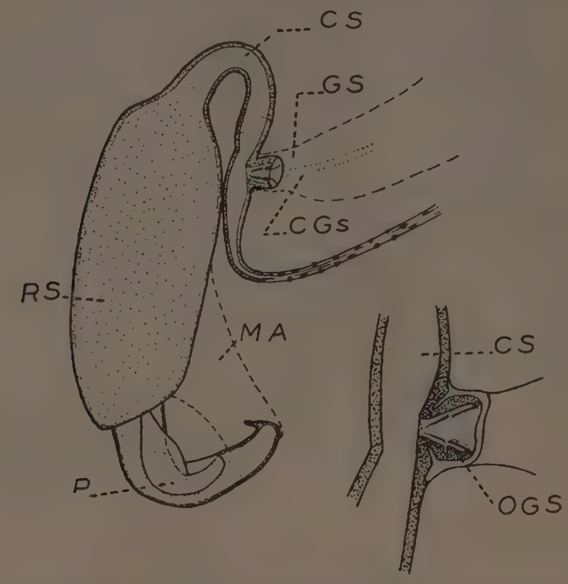



Fig. 17. — Spermathèque. C. G. S : Canal de la glande tubulaire. C. S : Canal de la spermathèque. M. A : muscle abducteur de la pompe. O. G. S : Orifice de la glande tubulaire. P : Pompe de la spermathèque. R. S : Réceptacle séminal.

vagin à la hauteur de l'extrémité des gonapophyses. Il passe ainsi entre l'oviscapte, plus ventral, et la bourse copulatrice formant à l'extrémité interne du vagin une masse sphérique, blanchâtre à maturité. Au sommet de cette bourse, débouche le fin canal de la spermathèque (fig. 18).

La spermathèque flotte dans les tissus adipeux, à droite du vagin. Elle porte latéralement une glande assez longue reposant entre le rectum et le vagin (fig. 17).

### 3. **Appareil digestif. Système cryptosolénié. Muscle suspenseur de l'intestin postérieur.**

Le tube digestif ne présente aucune particularité anatomique dans ses parties antérieure et moyenne. Dans la partie antérieure de la tête, sous les muscles mandibulaires, on distingue deux glandes salivaires, petites

et pelotonnées. L'œsophage est court et étroit, le jabot à peine renflé. L'intestin moyen est la partie la plus volumineuse. Il comporte deux sections : une section axiale, très renflée (ventricule), légèrement déportée sur la gauche allant de la tête au 9[e] segment abdominal, une section transverse beaucoup plus étroite (1/3 de la plus grande largeur du ventricule et de même longueur). Elle a la forme d'une hélice très étirée

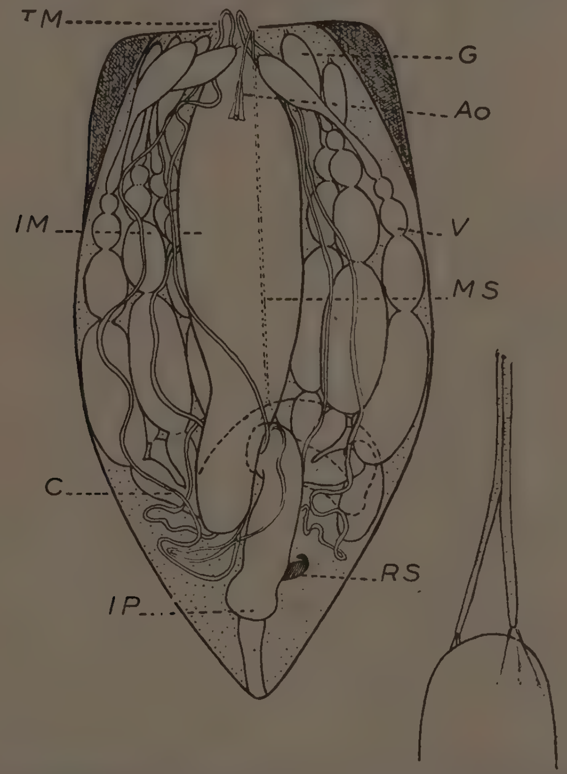



Fig. 18. — Appareil génital d'une femelle à maturité. Ao : Aorte. C : Calice. G : Germarium. I. P: Intestin postérieur. M. S : Muscle suspenseur. R. S : Réceptacle séminal. T. M : Tubes de Malpighi.

ayant 2 enroulements successifs. L'intestin postérieur se compose d'abord d'une branche transverse qui s'infléchit de 90° et d'une branche descendante de même longueur. Les deux premiers tiers forment une ampoule prérectale entourée d'un manchon malpighien. Enfin, la partie postérieure forme le rectum et l'anus.

Comme chez beaucoup de phytophages, le système malpighien est cryptosolénié avec trois paires de tubes de Malpighi très différents. La première paire, formée de tubes très longs, est partiellement accolée au

ventricule et remonte jusqu'à la hauteur de la tête. La deuxième paire, plus courte, de même diamètre, est aussi accolée à l'intestin moyen mais ne remonte que jusqu'à la hauteur du premier quart de celui-ci. Ces deux paires de tubes débouchent côte à côte dans l'intestin mais n'ont pas de branche commune. La troisième paire est formée de tubes très courts et

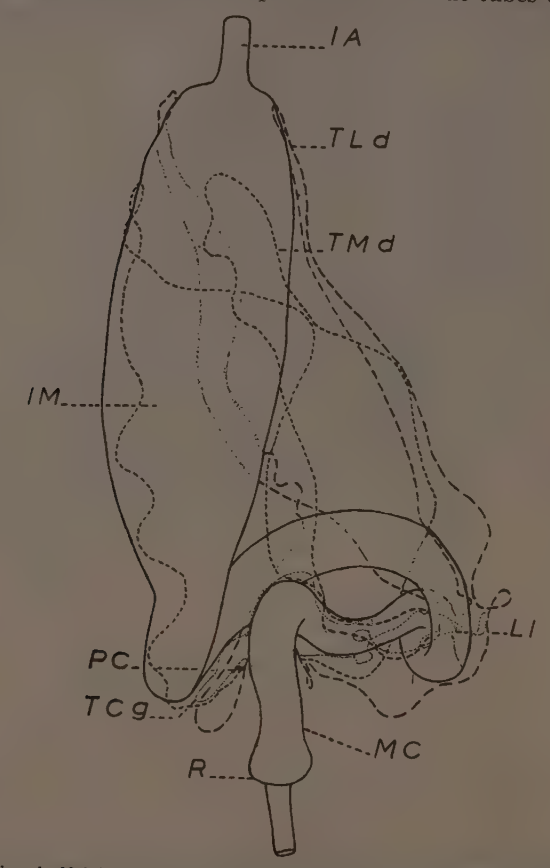



Fig. 19. — Tubes de Malpighi (mâle). I. A : Intestin antérieur. L. I : lumière intestinale des T.M. M. C : manchon cryptosolénié. P. C : Partie commune des T. M. R : Rectum. T. C. g : Tube de Malpighi court gauche. T. Md : Tube de Malpighi moyen droit. T. Ld : Tube long droit.

d'un diamètre deux fois plus petit ; ils débouchent dans l'intestin à la même hauteur que les deux autres paires mais en un point nettement différent (fig. 19 et 20). La région apicale de tous ces tubes comporte une partie commune, courte, qui aboutit au manchon cryptosolénié de l'ampoule prérectale où les tubes reprennent à nouveau leur individualité. Un système identique se retrouve à l'état larvaire mais les six tubes ont alors un conduit commun aboutissant à l'ampoule prérectale.

Chez les femelles, la dernière anse intestinale enserre l'oviducte droit et, vraisemblablement pour permettre le passage des œufs de gros diamètre (0,95/0,40 mm), elle est écartée de celui-ci par deux rubans musculaires qui sont tendus entre cette partie de l'intestin et une épine posté-

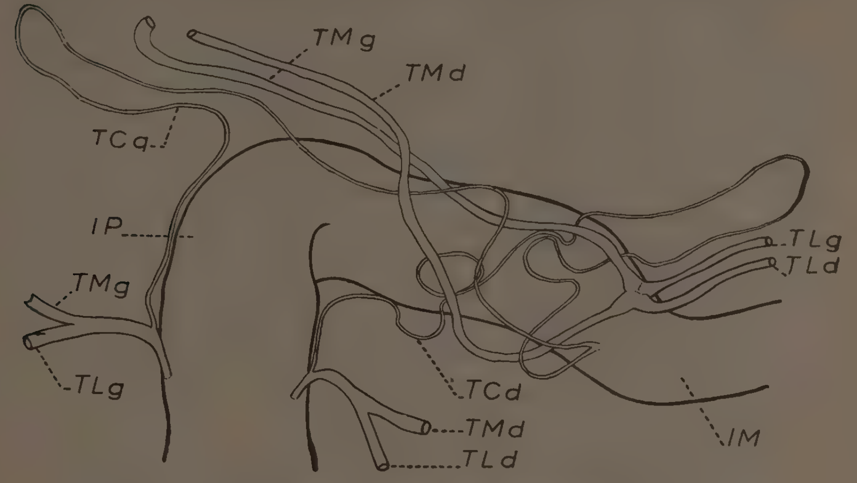



FIG. 20 — Détail des tubes de Malpighi (mâle) ; même légende que la fig. 19.

rieure du mésothorax voisine du canal aortique. Le trajet est d'ailleurs parallèle à celui du cœur mais se situe en dessous de l'intestin moyen (fig. 16-18).

## III. — BIOLOGIE

### A. — Reprise d'activité automnale des adultes

Les adultes commencent à quitter leurs lieux d'estivation à des dates variables suivant les régions et les conditions climatiques de l'été ; dans le bassin parisien, elle a lieu depuis la fin août jusqu'au début du mois d'octobre.

| | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 |
|---|---|---|---|---|
| Versailles (S.-et-O.) | 6 septembre | 29 août | 25 août | 15 septembre |
| Moissy-Cramayel (S.-et-M.) | 5 septembre | 29 août | | |
| Vaux-sur-Seine (S.-et-O.) | | 20 août | | |
| Orphin (S.-et-O.) | 15 septembre | 10 septembre | | |
| Crécy-Couvé (Eure-et-Loir) | 20 septembre | 15 septembre | | |
| Evreux (Eure) | 25 septembre | | | |
| Nesle (Somme) | 30 août | 25 août | | |

Ces dates ont été déterminées par des observations en plein champ et par des mensurations des larves au cours de l'automne. On voit que les écarts observés entre les différents points d'observation se maintiennent

d'une année à l'autre; il est des zones où la reprise d'activité se produit à des dates très différentes en des lieux distants de quelques dizaines de km (fig. 21).

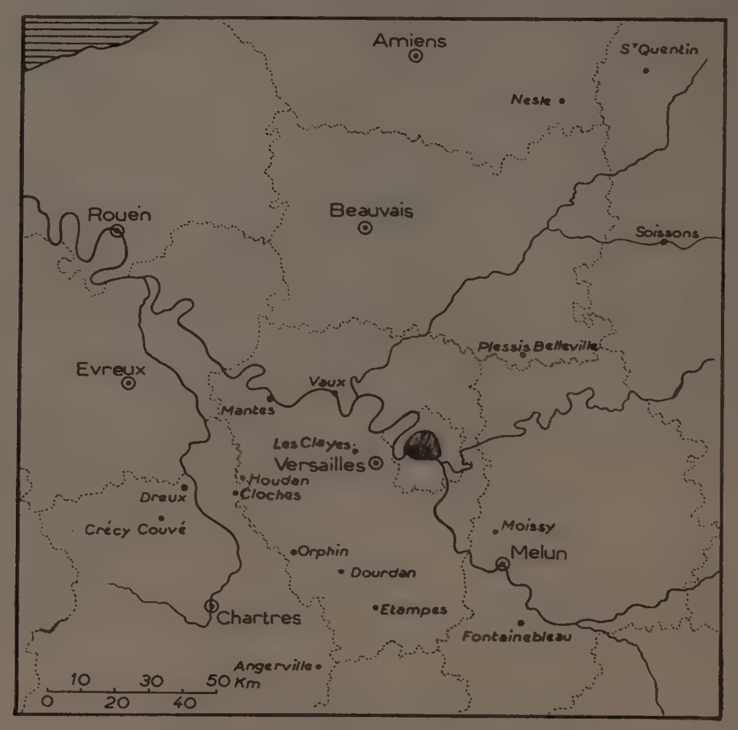



FIG. 21. — Principaux lieux d'observation biologique.

## I. Comportement des Insectes

La période précédant la ponte peut être divisée en trois phases successives qui se superposent partiellement : reprise de l'activité, dispersion et arrivée des Insectes sur les semis de Crucifères d'hiver.

REPRISE DE L'ACTIVITÉ. — Elle ne se manifeste pas brusquement mais s'étale sur 7-15 jours à plus d'un mois suivant les conditions climatiques (pluviométrie et température) de la fin du mois d'août et du début de septembre.

Aux environs de Versailles, les premiers Insectes en activité ont été notés à la fin du mois d'août 1950. Le 6 septembre, par un temps doux et couvert, 10 p. 100 environ de la population globale qui a été relevée par la suite, a été observée ; il y avait surtout des mâles mais quelques accouplements s'étaient déjà produits à cette date. Le tube digestif de ces In-

sectes renfermait alors très peu de tissus végétaux. Les autres altises étaient encore immobiles à l'intérieur des tiges de Colza ou de Coquelicot ; ce n'est que le 11 septembre, qui fut la première journée chaude et fortement ensoleillée (temp. moy. 17,15 ; temp. max. 25°) du mois de septembre que la sortie des altises fut générale et les accouplements fréquents. Les Insectes circulaient activement sur les plantes les plus variées : Luzerne, Lychnis, chaumes et plantules de Graminées et de Colza ; ils se déplaçaient par sauts ou effectuaient, en volant, de petits parcours mais ne s'alimentaient pratiquement pas. Transportés au laboratoire, ces Insectes se déplaçaient en tous sens ; leur activité était intense lorsque leur cage était ensoleillée et ils s'efforçaient de s'envoler en direction de la fenêtre ; ce comportement a persisté durant les jours suivants puis les Insectes se sont fortement alimentés et la ponte a débuté le 15 septembre.

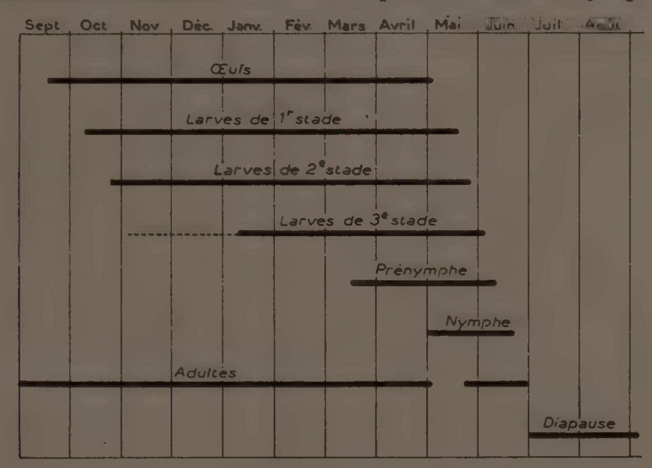



Fig. 22. — Cycle de l'Altise du Colza dans la région parisienne.

En 1951, l'activité des Insectes a repris vers le 25-28 août, comme en 1950 ; la première décade de septembre a été plus chaude (moy. 17°8 contre 15°96 en 1950) et la reprise d'activité était totale dès le 5-6 septembre ; dès que la rosée avait disparu, c'est-à-dire vers 10 ou 11 heures, les altises se déplaçaient rapidement sur les feuilles, sautaient puis s'envolaient ; lorsque la température atteignait 26°, les Insectes se dissimulaient dans les régions ombragées ou dans l'intérieur des chaumes ; l'alimentation a commencé le 1-2 septembre et les premières pontes ont été notées le 4 septembre ; dès le 10 septembre, les altises furent moins actives et s'alimentèrent des parties basses des plantes.

En 1952, les altises sont apparues le 25 et surtout le 29 août à la suite des pluies du 18 au 21 août (15, 7 mm), mais le sol s'est desséché rapidement, la température étant très élevée, et la sortie n'a pas été géné-

ralisée. Les précipitations ont été fréquentes du 5 septembre au début d'octobre et la température assez basse ; un petit nombre d'Insectes ont été notés entre le 18 et le 23 septembre à la suite de belles éclaircies et ils ne circulaient que lorsque la température était supérieure à 12°. La sortie ne fut générale que durant la première décade d'octobre qui a été ensoleillée (9,5 mm de pluie pour la décade dont 8,7 le 2 octobre) ; les déplacements n'ont également eu lieu qu'aux heures les plus chaudes de la journée.

L'examen du graphique 23 met en relief l'influence des facteurs climatiques sur les mouvements des altises ; d'une façon générale, les Insectes peuvent redevenir actifs à partir du début de la troisième décade d'août mais leur sortie ne peut se faire qu'à la condition que leur lieu d'estivation (sol, mousse, sous-bois) soit suffisamment humidifié ; si d'assez fortes pluies se produisent durant la seconde quinzaine d'août et sont suivies d'une période chaude, la sortie sera générale et précoce (cas de l'année 1951). En 1950 la reprise de l'activité s'est faite fin août mais elle n'a été générale que le 11 septembre, après une pluie. Enfin, en 1952, la sortie a été inhibée pendant tout le mois de septembre en raison de la fréquence des pluies et de la basse température.

En ce qui concerne la région parisienne, les conditions climatiques les plus favorables à une sortie générale des altises sont donc de fortes précipitations entre le 15 et le 25 août suivies d'une période de beau temps; durant le mois de septembre, la rosée est généralement suffisante pour que les besoins en eau des Insectes soient satisfaits ; cependant, une période anormalement sèche et chaude peut les inciter à se dissimuler quelque temps dans le sol ou dans les plantes et retarder la ponte.

Dispersion. — La reprise de l'activité s'étale généralement sur une période de 10 à 15 jours, lorsque la température moyenne est voisine de 18° et l'humidité relative dans les lieux d'estivation de l'Insecte de l'ordre de 90 à 100 p. 100. Il se produit assez fréquemment des rassemblements des Insectes en certains points du champ présentant des caractéristiques écologiques spéciales ; c'est ainsi qu'en 1950, nous avons observé, pendant une période très chaude, une forte densité d'altises sous des pommiers placés en bordure du champ ; les repousses de Colza étaient à cet endroit plus vigoureuses et il y avait en ces lieux une température plus basse et une humidité plus élevée que dans le reste de la parcelle.

Les Insectes s'alimentent pendant quelques jours des feuilles des repousses de Colza et des Crucifères sauvages ; avant et après la dispersion, leur activité est étroitement liée à l'intensité de l'éclairement à la condition que la température soit suffisamment élevée ; par les belles journées de la fin septembre ou du début d'octobre, les Insectes restent immobiles jusqu'à 10 ou 11 heures du matin, puis ils gagnent la partie supérieure des plantes et effectuent des vols de plus en plus importants.

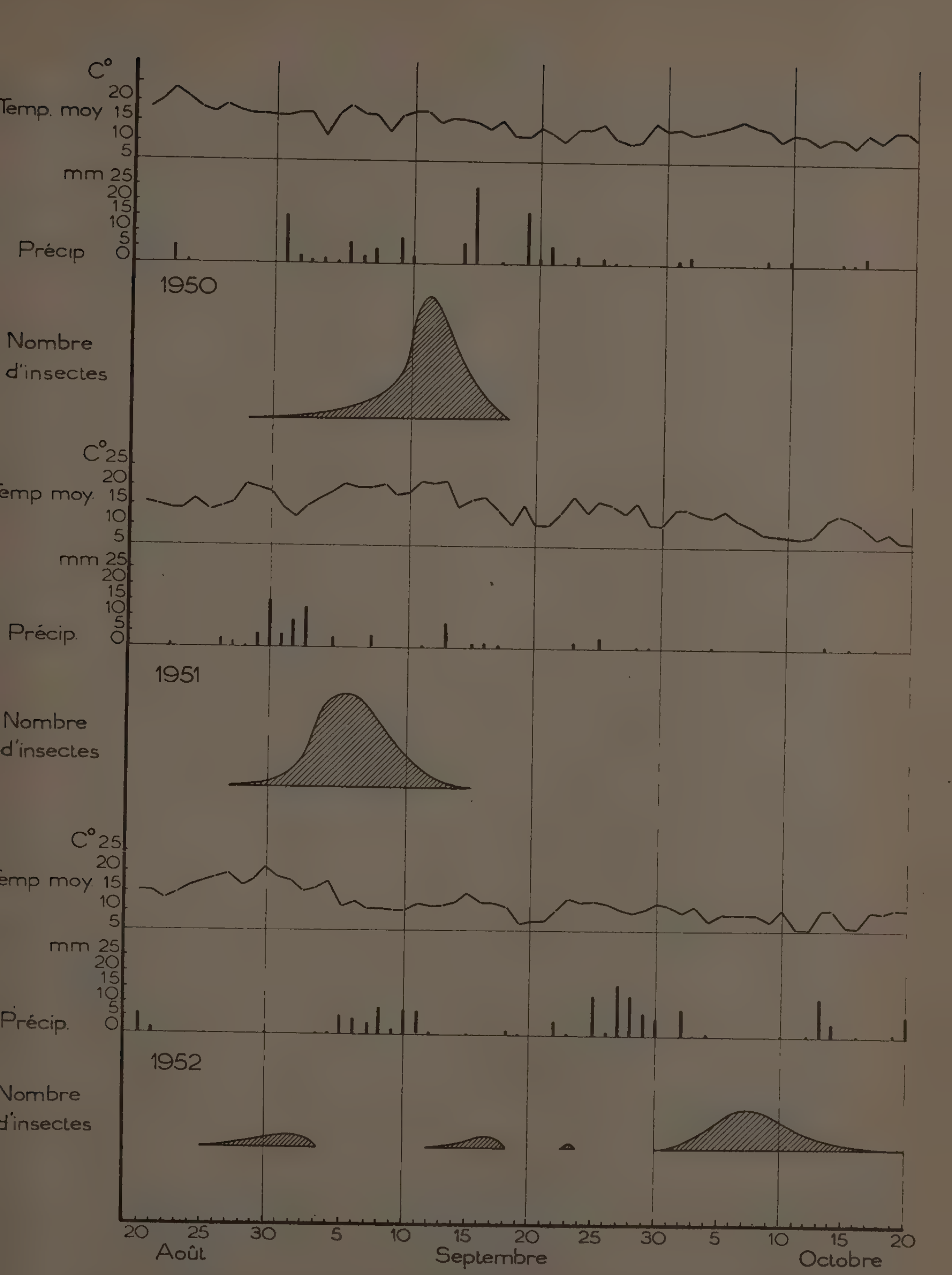



FIG. 23. — Température moyenne, précipitations et relevés des populations d'altises à Versailles en août, septembre et octobre 1950, 1951 et 1952.

L'envol des Insectes des anciens champs de Colza vers les jeunes semis se produira donc d'autant plus précocement et sera plus important que l'insolation sera plus élevée dans la période faisant suite à la reprise de l'activité.

Les vols se font isolément ; les Insectes possèdent d'importantes réserves adipeuses qui leur permettent de supporter l'inanition pendant près d'une quinzaine de jours, et d'effectuer des déplacements de plusieurs kilomètres. MEUCHE (1940) a signalé des vols de 2 km en Olstholstein. Nous avons observé en 1950 dans la région de Coulommiers un champ fortement attaqué alors qu'il n'avait pas été cultivé l'année précédente de Crucifères oléagineuses dans un rayon d'au moins 3 kilomètres ; en 1951, nous avons examiné un champ de Colza ravagé par les adultes bien que le champ de Colza ensemencé en 1950 le plus proche était distant de 4 kilomètres et séparé du premier par une épaisse futaie.

EBBE-NYMAN a étudié en 1950-1951 les vols d'altises du Colza dans les provinces méridionales de la Suède. Elle a utilisé à cet effet des panneaux plans ou hémisphériques englués et placés à différentes hauteurs au-dessus du sol. Elle a capturé des Insectes jusqu'à l'altitude de 18 mètres. Des vols ont été notés dès la fin juillet, c'est-à-dire avant l'arrêt d'activité estivale mais la plupart d'entre eux avaient lieu entre le 15 août et le début de septembre. Il se produit ensuite une régression des muscles alaires et les Insectes sont incapables de voler.

La vitesse du vent semble avoir une grande influence sur l'intensité des vols ; il n'y en a pratiquement pas par vent violent. Leur direction est affectée dans une certaine mesure par la direction du vent. Il n'a pas été constaté de corrélation entre l'hygrométrie et la fréquence des vols ; ces derniers s'observent principalement à la fin de l'été lorsque la température maximum atteint 16°.

Nous avons pu constater que ces vols ne prennent en aucun cas un caractère migratoire. Il s'agit d'une dispersion phototactique qui, selon la durée des conditions météorologiques favorables (temps chaud et ensoleillé, vent faible à modéré), permettra à une proportion d'Insectes plus ou moins élevée de quitter les repousses de Colza de l'année précédente. Les nouvelles cultures auront évidemment d'autant plus de chances d'être attaquées qu'elles seront plus voisines des lieux d'estivation. Les Insectes pourront aussi bien se concentrer sur de jeunes semis de Crucifères cultivées que sur des pieds isolés de Crucifères sauvages.

Une fois parvenus dans les champs de Colza, les Insectes se déplacent surtout en marchant et en sautant ou effectuent des vols limités. Ils recherchent les zones humides ou ombragées : lisières de bois ou de buissons, bordures des ruisseaux et des fossés de drainage, dépressions, etc... ; si l'humidité relative de l'air est élevée ou le feuillage suffisamment développé, les altises rongent les feuilles avec voracité ; en période

humide, elles peuvent anéantir complètement les semis. Elles se tiennent sous les feuilles par temps chaud et sec ; si le feuillage est très réduit, elles se glissent dans les interstices du sol et s'attaquent aux tigelles.

Pour vérifier l'importance de l'hygrotropisme sur le comportement des altises, nous avons placé 100 altises récoltées en plein air dans un hygrostat contenant une série de solutions salines établissant des humidités relatives de 5 à 100 p. 100. 24 heures après le début de l'expérience, il a été relevé 4 p. 100 d'Insectes entre 5 et 33 p. 100 d'H. R., 6 p. 100 entre 35 et 70 p. 100 d'H.R., 8 p. 100 entre 70 et 90 p. 100 d'H. R., 82 p. 100 entre 90 et 100 p. 100 d'H.R. ; les Insectes meurent rapidement aux H.R. inférieures à 60 p. 100.

La phase de dispersion s'étale sur 10 à 15 jours puis le comportement de l'Insecte se modifie brusquement ; des altises ont été capturées le 11 septembre 1950 dès leur reprise d'activité et réparties dans des cages placées en plein air dans un semis de Colza ; les Insectes ont consommé un grand nombre de feuilles de Colza ; à partir du 12, quelques femelles s'insinuaient dans les interstices du sol et la ponte débutait le 15. L'activité des Insectes a diminué graduellement, et les accouplements ont été de plus en plus rares ; à partir du 21, il n'y avait pratiquement plus de tentative d'envol tant dans les cages que dans le champ.

On pourrait attribuer cette modification du comportement à l'abaissement de la température ou à la diminution de la durée du jour. Nous avons signalé au début de ce chapitre que la reprise de l'activité se manifeste dans le bassin parisien à des dates très différentes en des lieux distants de quelques dizaines de kilomètres ou même de quelques kilomètres. On observe le même décalage en ce qui concerne la fin de la période d'activité ; ces faits sont bien mis en évidence par les relevés des populations larvaires effectués dans des champs limitrophes ensemencés à des dates différentes. C'est ainsi qu'à Moissy-Cramayel les champs ensemencés le 6 septembre 1950 ont été très fortement attaqués, alors que les semis réalisés après le 11 septembre étaient indemnes ; au Plessis-Belleville, les semis du 1er septembre 1950 étaient très fortement attaqués, ceux du 6 septembre étaient anéantis alors que la population larvaire des semis réalisés au-delà du 11 septembre était insignifiante. A Angerville (S. et O.) les semis du 2 septembre étaient détruits dans une forte proportion alors que les semis du 15 septembre n'étaient pas contaminés.

Des dissections échelonnées d'Insectes récoltés à Moissy-Cramayel nous ont montré qu'il y avait une étroite corrélation entre les vols et la maturité sexuelle. Les vols cessent pratiquement quelles que soient les conditions climatiques lorsque la quasi-totalité des femelles est parvenue à maturité.

Des dégâts extrêmement graves ont été observés à Cloches (S. et O.) entre le 1er et le 5 octobre ; à Orphin (S. et O.) entre le 3 et le 8 octobre 1950. Aux environs d'Evreux, les semis effectués à la fin d'août ou dans les premiers jours de septembre ont peu souffert, les plantes étant suffisamment développées au moment de l'arrivée des adultes ; par contre, une pièce ensemencée le 15 septembre a été complètement détruite entre le 1er et le 16 octobre.

On peut donc conclure de ces observations que les déplacements des altises se sont produits dans le bassin parisien entre le 10 septembre et le 10 octobre 1950 ; ces importantes différences paraissent liées à la diversité des conditions climatiques locales qui interviennent sur la reprise plus ou moins précoce de l'activité de l'Insecte ; la diapause s'est terminée aux environs du 20 août à Moissy-Cramayel et du 20 septembre à Evreux.

Ces faits prouvent que la cessation de l'activité migratrice se manifeste un certain temps après la reprise de l'activité et que les facteurs climatiques n'interviennent en l'occurrence que d'une façon secondaire. Ces observations présentent un grand intérêt d'ordre pratique ; elles permettent d'envisager la lutte contre ce dangereux ravageur par un choix judicieux de la date du semis établi d'après les caractéristiques écologiques locales.

Les facteurs climatiques peuvent toutefois avoir certaines années une telle influence qu'ils modifient totalement les caractères habituels des vols. C'est ainsi qu'en septembre 1952, le temps couvert et pluvieux empêcha la dispersion des Insectes aux époques observées les années précédentes. Mais la température très basse ralentit parallèlement la maturation des gonades et l'on constata des déplacements par temps doux et ensoleillé jusqu'à la fin octobre, ce qui confirme la relation entre les possibilités de vol et la maturité sexuelle. Ces déplacements tardifs n'ont généralement pas de graves conséquences car la température limite alors considérablement l'intensité de l'alimentation et de la ponte.

### 2. **Développement des gonades**

Au moment de la reprise de l'activité, les gonades mâles et femelles sont à un état de développement très différent. Les gonades mâles se sont développées activement durant la phase de post-diapause ; les glandes annexes ont presque atteint leur taille maximum (6 à 12 mm) (fig. 24), sont remplies de liquide spermatique et occupent toute la cavité abdominale, alors qu'avant la diapause, elles étaient hyalines et pelotonnées au-dessous des testicules ; ce développement des glandes se produit parallèlement à la disparition progressive des réserves adipeuses.

Les accouplements commencent presque immédiatement après la reprise de l'activité, se répètent jusqu'aux premiers froids et se produisent à nouveau au printemps. Les premiers coïts ont lieu par temps sec et ensoleillé sur les repousses de Colza, à l'extrémité des chaumes ou sur les plantules de Colza ; si la température est très élevée, ils se produisent à l'intérieur des chaumes de différentes plantes.

Au moment de la reprise d'activité, les ovaires sont peu développés (fig. 24) le rapport de la longueur du vitellarium à celle du germarium est de 1/2 à 3/2. Il n'y a pas de follicule individualisé ; durant la période

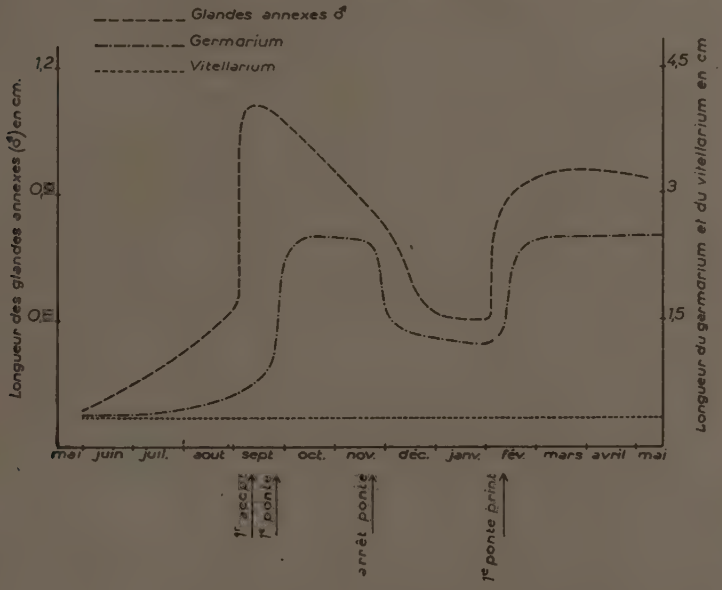



Fig. 24. — Fluctuations de la longueur des glandes annexes mâles, du germarium et du vitellarium (1950-1951).

de diapause et de post-diapause, il n'y a pas de développement des cellules germinales mais seulement un léger allongement du tractus génital. Dès que l'Insecte commence à circuler, la croissance des ovaires est extrêmement rapide ; la maturation des ovarioles se fait en 10 jours au laboratoire à une température de 19°, et en 10 à 15 jours en moyenne dans les conditions naturelles.

Le germarium s'accroît légèrement ; sa longueur, qui était de 0,45 mm en août, atteint 0,55 à 0,60 mm, celle du vitellarium passe de 0,45 mm à 1,5-2,15 mm et le germarium est refoulé jusqu'à la hauteur du cou (fig. 25). Ce brusque développement des ovarioles entraîne l'allongement et le gonflement de l'abdomen dont la partie postérieure n'est plus recouverte par les élytres ; les membranes intersegmentaires, qui

étaient invisibles, forment des bandes paraissant colorées en jaune par suite de la présence des œufs et du tissu adipeux.

Il existe d'assez grandes différences individuelles dans la maturation sexuelle, qui est décelable par les écarts des dimensions des organes reproducteurs ; c'est ainsi qu'à Versailles, en 1951, les premières pontes ont été notées les 4 et 5 septembre mais la majorité des femelles n'étaient mûres que le 20 septembre ; quelques femelles n'étaient pas encore parvenues à maturité le 20 octobre.

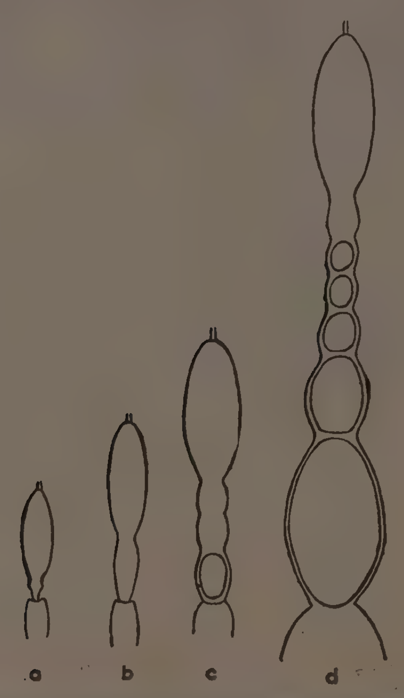



Fig. 25. — Croissance moyenne des ovarioles entre le 1er juin et le 20 septembre 1950 : *a*) 1er juillet ; *b*) 1er septembre (rapport vitellarium/germarium 1/1) ; *c*) 10 septembre (1,5/1) ; *d*) 20 septembre (3/1).

L'alimentation intervient de façon marquée sur la rapidité de la croissance des gonades ; dès la reprise de l'activité les Insectes s'alimentent avec voracité, notamment les femelles. Si les altises ont immédiatement à leur disposition des repousses ou des plantules de Colza, les ovaires se développent très vite ; au contraire, si l'animal doit effectuer des déplacements importants avant de trouver des Crucifères, la maturation ovarienne sera retardée ; il est possible que la fécondité soit diminuée. Un retard de quelques jours dans le développement des ovaires peut se traduire par des différences importantes dans la date du début

de la ponte et dans le nombre des œufs pondus en automne par suite de l'abaissement de la température ; si la température moyenne est précocement inférieure à 7°, la ponte automnale pourra être faible et l'importance des dégâts occasionnés par les adultes ou les larves extrêmement réduite.

Les adultes rongent le limbe foliaire ainsi que la tigelle ; en période sèche, ils se glissent dans les fissures du sol et effectuent de profondes entailles au niveau du collet ; si la population des Insectes est importante, la quasi-totalité des plantules peut être détruite, même lorsque celles-ci ont 2 à 4 feuilles au moment de l'arrivée des altises (voir chap. VI).

**B. — Pontes automnales et développement des larves**

La ponte commence quelques jours après la reprise de l'activité et les écarts entre les dates de sortie des Insectes, suivant les conditions climatiques régionales ou de l'année se modifient, très faiblement en ce qui concerne la ponte. A Versailles, les observations faites pendant 3 années consécutives dans des champs contigus ont donné les résultats suivants :

| | Date reprise activité | Début de ponte |
|---|---|---|
| 1950............ | 6 septembre | 11 septembre |
| 1951............ | 29 août | 4 septembre |
| 1952............ | 25 août | 20 septembre |
| 1953............ | 15 septembre | 25 septembre |

En 1950 et en 1951, ce n'est qu'entre le 20 et le 25 septembre, c'est-à-dire 10 à 15 jours après les premières sorties, que les organes génitaux de la plupart des Insectes étaient mûrs. La température anormalement basse du mois de septembre 1952 a fortement ralenti la maturation des ovaires et celle-ci ne fut générale que le 20 octobre, c'est-à-dire un mois plus tard que les années précédentes.

Les accouplements se raréfient progressivement à partir de la fin de la seconde décade de septembre ; cela est dû à l'abaissement de la température qui restreint l'activité des Insectes et peut-être aussi à la diminution de la durée du jour. Si l'on place des altises capturées en plein champ au début d'octobre dans une cage éclairée par une lampe électrique, les copulations sont aussi nombreuses qu'au cours de la période de maturation. La densité des Insectes intervient également ; nous avons observé le 30 novembre 1950 aux environs de Cloches (S. et O.), par un temps couvert et froid, une forte proportion d'Insectes accouplés dans une parcelle de Colza où les altises étaient en très grand nombre.

Les Insectes continuent à s'alimenter jusqu'aux froids mais le temps durant lequel ils se nourrissent diminue progressivement. La plupart des Crucifères sont en effet souvent recouvertes, pendant la majeure partie de la matinée, de gouttelettes de rosée qui ne permettent pas aux Insectes de circuler à la partie supérieure des feuilles ; les altises se tiennent au pied des végétaux et se nourrissent surtout de l'épiderme inférieur des feuilles basses. Le temps fut très humide dès le 14 septembre 1950 et l'on ne vit pratiquement plus d'Insectes sur les parties aériennes des végétaux à partir de cette date ; il n'était pas rare d'en trouver au cours du mois de novembre 1951 qui fut sec et ensoleillé. La rosée disparaît très rapidement sur les feuilles de Navette et les Insectes sont relativement beaucoup plus nombreux sur les feuilles supérieures, où ils effectuent de profondes morsures, jusqu'à la fin du mois de novembre.

Nous avons élevé des altises au laboratoire pendant une quinzaine de jours sur des feuilles de Navette, Colza, Moutarde blanche et Moutarde noire ayant sensiblement les mêmes dimensions. Il a été relevé les nombres suivants de morsures : Navette : 979, Moutarde noire : 793, Moutarde blanche : 708, Colza : 370 ; la Navette est donc nettement la plante la plus attaquée par l'altise.

La température conditionne également l'alimentation ; des femelles ont été élevées à une hygrométrie voisine de la saturation dans des étuves à température constante ; les nombres moyens de morsures effectuées par femelle en un mois ont été les suivants : 0° : 0 ; 2° : 6 ; 4° : 13 ; 8° : 25 ; 12° : 52 ; 16° : 74 ; 20° : 104. Dans la région parisienne les températures moyennes mensuelles sont de 15°4 en septembre, 10°8 en octobre, 6°8 en novembre, 3°1 en décembre, 2°9 en janvier, 3°6 en février, 6°5 en mars, 9°6 en avril ; les altises s'alimentent donc très peu pendant les mois de décembre, janvier et février. En 1951, les températures moyennes mensuelles furent respectivement de 7°9 en décembre, 5° en janvier, 4°5 en février et les altises s'alimentèrent de façon presque ininterrompue durant tout l'hiver. Les mâles se nourrissent jusqu'à leur mort mais ils consomment 3 à 4 fois moins de tissus végétaux que les femelles.

## Localisation de la ponte

Les œufs sont insérés dans les anfractuosités du sol, au voisinage immédiat des pieds des Crucifères à la surface du sol ou à quelques mm de profondeur, isolément ou en paquets de 2, 3 à 6 et même 16 œufs ; des œufs isolés sont parfois déposés sur le collet ou les pétioles.

Le processus de ponte est, pour une part importante, sous la dépendance de l'hygrotropisme et du stéréotropisme. Dans les élevages réalisés

au laboratoire dans de petites cages tronconiques en matière plastique (rhodoïd) obturées à la partie supérieure par de la mousseline, les œufs étaient insérés à l'intersection de la mousseline et du rhodoïd, dans les fentes du bouchon et surtout dans les replis du papier-filtre humidifié placé à l'intérieur des cagettes pour maintenir une H.R. élevée.

Une expérience très simple (fig. 26) met en évidence de façon très nette l'influence de l'hygrométrie sur la localisation de la ponte. Une centaine d'adultes ont été placés le 23 octobre dans un tube en rhodoïd aux extrémités duquel ont été collés deux manchons de mousseline ; l'extrémité de l'un de ces manchons plongeait dans un récipient renfermant de l'eau, et l'humidité relative dans le manchon était voisine de 100 p. 100. Une feuille de Colza, dont le pétiole était entouré d'un tampon de coton imbibé d'eau, était placée à l'extrémité de l'autre manchon.

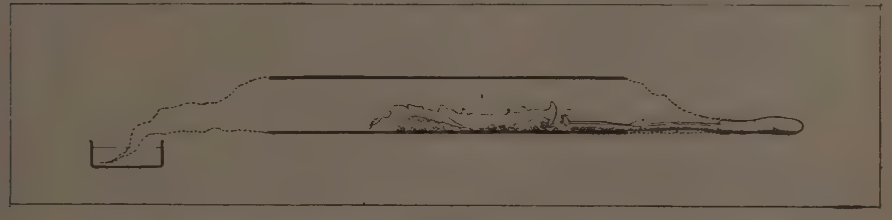


FIG. 26. — Dispositif utilisé pour l'étude de l'influence de l'hygrométrie sur la ponte.

Il a été dénombré, au bout de 24 heures, environ 500 œufs à la surface du manchon humecté (la plupart d'entre eux se trouvaient à l'extérieur de la mousseline dont le diamètre des interstices était égal à celui des œufs). Il n'y avait que 10 œufs sur toute la surface du cylindre, 2 sur la feuille de Colza et une centaine sur le tampon de coton humecté ou dans les replis de la mousseline en contact avec le coton.

## Caractères des pontes automnales

Les recherches de MEUCHE (1941) ont été faites en 3 endroits différents et peu éloignés. MEUCHE a constaté qu'il y avait des écarts importants entre les dates de ponte et il explique ce décalage qu'il désigne sous le nom de « périodicité » (periodizität) par l'échelonnement des dates des semis. MEUCHE admet que les semis étant faits plus ou moins tôt suivant les exploitations, la reprise d'activité liée à l'alimentation débute à des dates différentes et que la diapause estivale cesse donc dans les diverses exploitations à des dates également différentes.

Nous avons effectué des observations en 4 endroits : à Versailles, dans les cultures de Colza de la Station d'Amélioration des Plantes, à

Moissy-Cramayel (Seine-et-Marne), aux Clayes, en un endroit distant de 8 kilomètres de la Station, et à Crécy-Couvé (Eure-et-Loir). En ces divers endroits, les semis de Colza ont été faits entre le 10 et le 23 septembre 1950.

Il a été mesuré un grand nombre de larves récoltées entre les 15 et 16 janvier à Moissy-Cramayel et à Crécy-Couvé ; les longueurs maxima des larves étaient les suivantes :

Moissy-Cramayel : « repousses », 6,88 mm., semis du 6/9, 5,2.

Crécy-Couvé : semis du 1/9, 2,24 ; semis du 22/9, 2,2.

Il semblerait d'après ces chiffres qu'il y ait une « périodicité » beaucoup plus marquée que dans le Ostholstein ; en réalité, cela est dû à

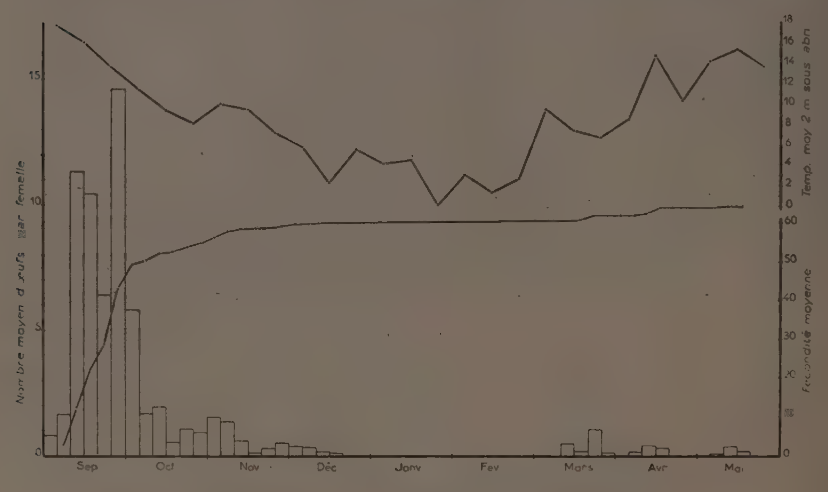



FIG. 27. — Fécondité moyenne et fécondité totale des femelles du lot n° 1.

des conditions climatiques différentes ; des observations phénologiques nous ont montré que la végétation était la plus avancée à Moissy-Cramayel ; venaient ensuite les Clayes, Versailles et enfin Crécy-Couvé. En ce dernier endroit, un très petit nombre de larves néonates ont été trouvées le 15 janvier 1951, alors qu'à la même date il était observé à Moissy des larves au 3e âge sur des Colzas semés à la même date qu'à Crécy-Couvé. Les adultes sont apparus à Moissy entre le 5 et le 25 juin : il a été relevé le 14 juin, de très nombreuses morsures sur les siliques. A Versailles, les altises sont apparues le 15 juin. Enfin, à Crécy-Couvé, il n'a été trouvé aucun adulte le 7 juin et un nombre relativement faible le 29 juin ; à cette date, les Colzas avaient très peu de morsures et les sorties se sont échelonnées entre le 20 juin et le 15 juillet.

Nous avons élevé dans les mêmes conditions des altises récoltées

à Moissy-Cramayel le 14 juin et des altises prélevées à Crécy-Couvé le 29 juin ; le début de la ponte a été noté le 5 septembre pour les altises de Moissy et le 8 octobre pour celles de Crécy-Couvé.

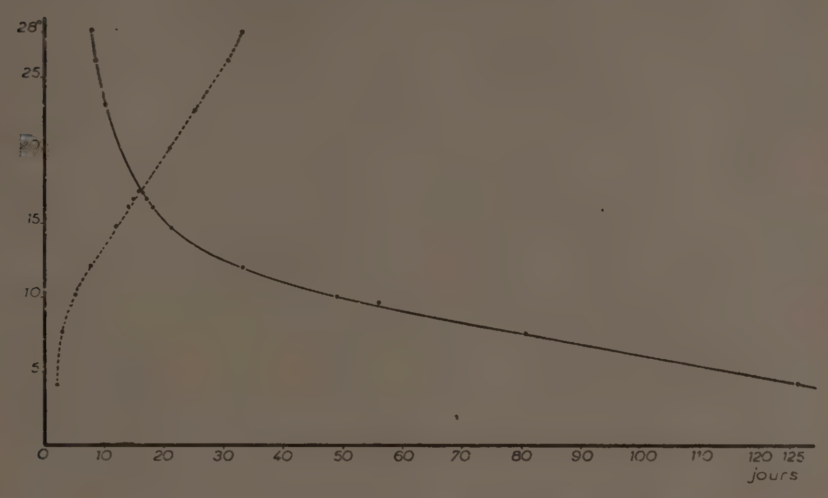



FIG. 28. — Durée de l'incubation à différentes températures constantes.

Il n'y a donc pas de « périodicité » mais seulement un décalage résultant de conditions climatiques qui interviennent sur la date de sortie des adultes, la croissance du Colza et l'alimentation des adultes, sur la ponte (début de la ponte plus précoce à Moissy qu'à Crécy, incubation et développement des larves se produisant facilement à Moissy alors qu'elle n'a pu se réaliser que partiellement à Crécy). Ces écarts s'accusent à la fin de l'hiver mais diminuent au cours du printemps ; ils sont particulièrement marqués en juin-juillet.

L'influence de la nourriture sur le début de la ponte a été mise en évidence par l'expérience suivante : une partie des altises récoltées aux Clayes au début de juillet ont été divisées en 3 lots et élevées dans les conditions suivantes : les altises du premier lot ont pu s'alimenter à volonté et ont pondu le 11 septembre ; celles du second lot n'ont été nourries que tous les deux jours et ont pondu le 28 septembre ; enfin celles du troisième lot qui n'avaient pas de Colza à leur disposition sont toutes mortes à la fin du mois de septembre sans avoir pondu un seul œuf ; ce dernier essai a montré que les adultes en activité peuvent survivre à 10-15 jours d'inanition totale.

Ce décalage de la ponte en fonction des possibilités d'alimentation a été nettement observé dans la région de Moissy-Cramayel. Sur des repousses, l'Insecte commença à pondre dès le 4 septembre ; par contre,

sur les premiers semis effectués le 6 septembre, la ponte n'a débuté que le 15 septembre. Dans le premier cas, les premières larves apparurent le 25 septembre alors que dans la deuxième parcelle on n'en vit pas avant le 7 octobre.

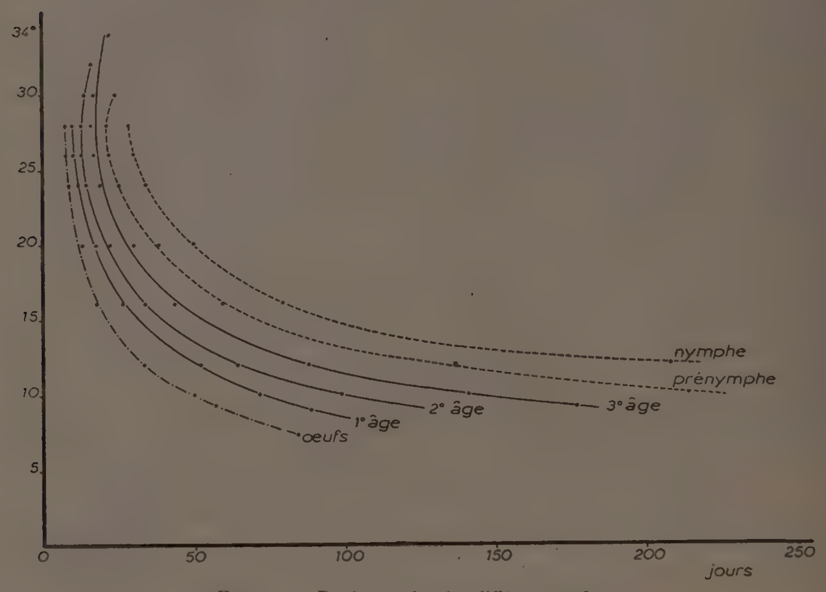



Fig. 29. — Durées totales des différents stades à diverses températures constantes décomptées à partir de la ponte.

Nous avons étudié en 1951-1952 la ponte d'Insectes placés à l'extérieur sous un abri grillagé ; les altises étaient mises dans des cylindres en mousseline séparés du sol par une couche de papier filtre humidifié à intervalles réguliers et sur lesquels les altises déposaient la quasi-totalité de leurs œufs.

Nous avons élevé de cette manière à l'automne 1951 plusieurs lots provenant de régions où la reprise de l'activité s'était manifestée à des dates différentes : lot n° 1 récolté le 10 juin 1951 à Moissy-Cramayel (S. et O.), lot n° 2 récolté le 6 septembre à Versailles, lot n° 3 récolté le 5 septembre aux Clayes (S. et O.) et lot n° 4 récolté le 25 septembre à Crécy-Couvé (Eure-et-Loir).

La ponte a débuté pour certains lots le 4 septembre et n'a cessé que le 27 décembre alors que la température moyenne était voisine de 2°. L'importance de la ponte a diminué avec la température pour être pratiquement nulle à 3-4°. Près de 50 p. 100 des œufs ont été émis en moyenne durant les deux dernières décades de septembre, 27 p. 100 en octobre, 15 p. 100 en novembre et 2 p. 100 en décembre.

Il est très difficile de préciser le seuil thermique de la maturation des œufs ; les œufs pondus dans le courant de décembre furent émis seulement par les après-midi ensoleillés où la température maximum fut de 8 et parfois de 10° ; ces œufs étaient vraisemblablement mûrs avant le début de décembre ainsi que le prouve l'arrêt complet de la ponte à

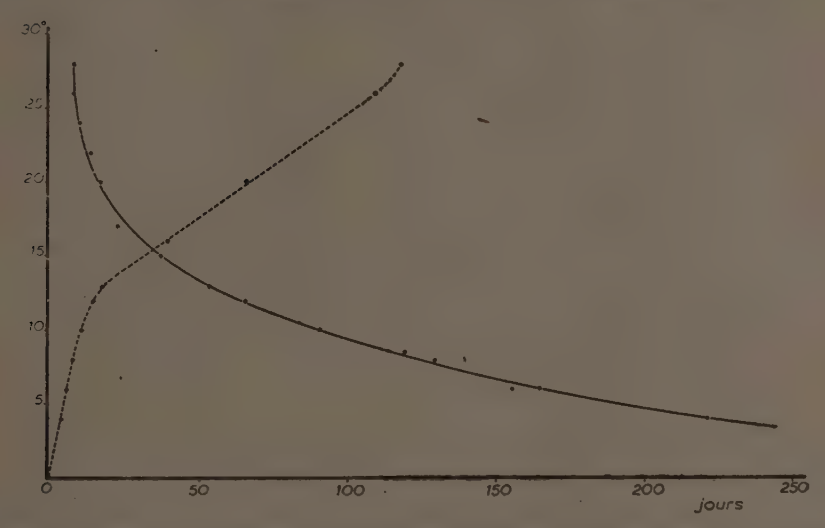



Fig. 30. — Durée du développement larvaire (premier, deuxième et troisième âges, non compris le développement prénymphal) à diverses températures constantes.

la fin de décembre et dans le courant de janvier bien que la température moyenne de la troisième décade de décembre fût de 5°7 et la température moyenne du mois de janvier de 5°01 ; les femelles qui furent disséquées à la fin de décembre et en janvier ne possédaient plus d'œufs mûrs dans les oviductes.

La ponte a débuté le 4 septembre pour le lot n° 1, le 11 pour le lot 2, le 12 pour le lot 3 et le 2 pour le lot 4 ; elle s'est terminée entre le 15 mai et le 17 juin.

Le graphique n° 27 indique la moyenne des pontes effectuées tous les 5 jours et de la fécondité totale des femelles du lot n° 1 ainsi que la température moyenne par décade à 2 mètres sous abri ; on voit qu'il existe un parallélisme accusé entre l'importance des pontes et la température.

### Développement des œufs

La durée de l'incubation varie dans des proportions considérables suivant la date de la ponte et la température, celle-ci étant souvent

voisine de la température-seuil. Les œufs peuvent éclore à des températures très basses, de l'ordre de 4°, mais la mortalité est d'environ 35 p. 100 ; nous avons constaté que le développement embryonnaire se poursuivait à des températures légèrement inférieures à 4° mais nous n'avons jamais pu obtenir d'éclosion.

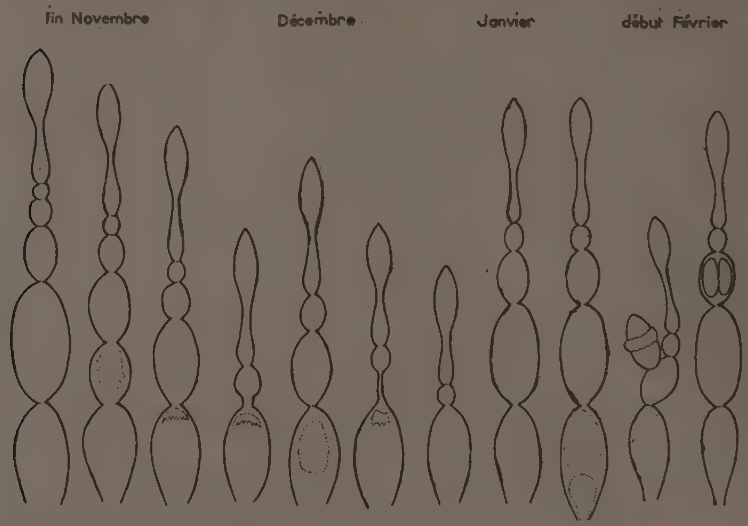



Fig. 31. — Différents aspects de la désorganisation des ovariales, du 20 novembre 1950 au 3 février 1951.

Les premières pontes furent observées en plein champ le 5 septembre 1950 à Moissy-Cramayel et les premières larves furent notées au même endroit entre le 20 et le 25 septembre ; la durée de l'incubation a donc été de 15 à 20 jours, la température moyenne à 2 mètres sous abri ayant été entre le 5 et le 25 septembre de 15°5 environ. Par contre, les œufs pondus entre le 20 et le 23 novembre n'ont éclos qu'entre le 20 et le 25 mars et la durée de l'incubation a, par conséquent, été de 4 mois.

Nous avons élevé des œufs à diverses températures constantes afin de déterminer la température-seuil théorique de développement ; le graphique n° 28 indique les résultats de ces expériences ; la température-seuil théorique est de 7°. Le développement des œufs n'est possible que dans un milieu où l'humidité relative est de 100 p. 100 ; il est nécessaire que l'œuf soit de temps à autre en contact avec des gouttelettes d'eau (Kaufmann, 1941, Godan, 1951). A 4° nous avons pu obtenir des éclosions au bout de 127 à 140 jours. D. Godan (1951) a observé un développement embryonnaire jusqu'à une température de 2° mais il n'y a pas eu d'éclosion après un séjour de 6 mois ; il semble donc que la tempé-

rature-seuil pratique soit voisine de 2° ; la durée moyenne de l'incubation est, d'après nos expériences, de 115 jours à 5°, 48 jours à 10°, de 20,5 jours à 15°, de 13 jours à 20°, de 9,2 jours à 25° et de 8 jours à 28° ; au-delà de cette température, la durée de l'incubation augmente et « l'optimum thermique » (BONNEMAISON, 1946) se situe par conséquent à 28° ; nous n'avons pu obtenir d'éclosion au-dessus de 29°. D. GODAN donne les chiffres suivants : 70 jours à 5°, 30 jours à 10°, 15 jours à 25°, 11 jours à 30°.

Le pourcentage de mortalité augmente considérablement aux températures basses ou élevées ; d'après D. GODAN il est de 3,5 p. 100 aux températures comprises entre 3 et 18°, de 90 p. 100 à —10°, de 10 p. 100 à —5°, de 10 p. 100 à 22°5, de 20 p. 100 à 25°, de 90 p. 100 à 30° et de 100 p. 100 à 35°. Nous avons constaté que des œufs maintenus à —5° pendant 24 heures ne présentaient pas de mortalité anormale. Des œufs déposés dans des boîtes de Pétri placées en plein air ont éclos dans une proportion de 50 p. 100 bien que la température minimum soit descendue à —5°4, que la température moyenne de la 3e décade de décembre ait été de —2°9 et celle de la 3e décade de janvier de —2°1.

### **Développement des larves** (fig. 32)

En raison de la longue durée de l'incubation, des dégâts larvaires importants sur les Colzas ne pourront se produire que dans les régions où la ponte a été très précoce, ou encore lorsque la température sera relativement élevée en automne.

La reprise de l'activité a débuté vers la fin du mois d'août à Moissy-Cramayel, c'est-à-dire avant la levée du Colza ; dans cette région, nous avons constaté, dès le 20 septembre 1950, la présence de jeunes larves dans les « repousses » de Colza ; durant tout l'hiver, les repousses ont été nettement plus attaquées que les semis.

Il n'a été trouvé des larves qu'à partir du 6-7 octobre dans les semis effectués aux environs du 5 septembre 1950 ; la période de ponte étant plus courte et le pourcentage d'éclosion plus faible, les larves ont été moins nombreuses et plus petites que sur les repousses (maximum 4,8 mm contre 5,8 mm à la fin octobre).

Ainsi que nous l'avons signalé précédemment, le développement des œufs nécessite une très forte humidité ; les journées ensoleillées ont été assez fréquentes en septembre 1950, ce qui a entraîné, dans certains cas, un dessèchement temporaire du sol ; les attaques ont été en conséquence beaucoup plus fortes dans les zones humides ou ombragées.

Les semis effectués vers le 14 septembre 1950 et dont la levée a eu lieu après la période d'activité et de dispersion n'ont pas été attaqués

par les adultes ou les larves, ce qui montre que les semis tardifs sont à conseiller pour réduire les dégâts occasionnés par cet Insecte, tout au moins dans les régions où la reprise de l'activité a lieu précocement. Celle-ci ne s'est produite que vers le 4 septembre dans la région de

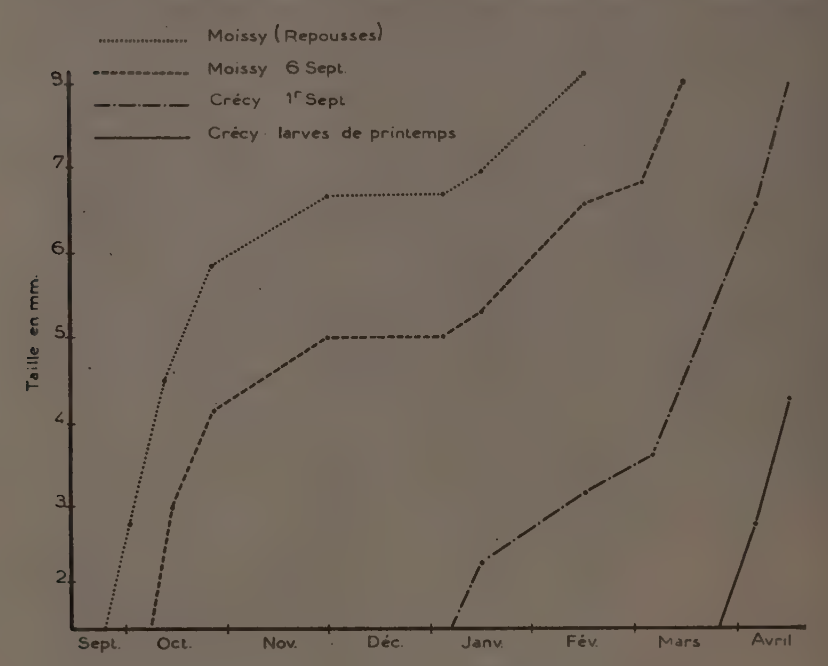



FIG. 32. — Longueurs maxima des larves récoltées à Moissy et à Crécy-Couvé, de septembre 1950 à avril 1951.

Versailles-Les-Clayes ; les différences d'attaques sur les repousses et les semis ont été par conséquent beaucoup moins accusées qu'à Moissy. La ponte a débuté vers le 10-12 septembre et de très jeunes larves ont été notées sur des repousses le 1er octobre ; la température moyenne étant plus basse pendant la seconde quinzaine de septembre qu'au début de ce mois, la ponte a été moins abondante, le développement des larves a été ralenti et il en est résulté que la population larvaire automnale a été beaucoup moins importante qu'à Moissy. La migration des altises et la période d'alimentation intense qui la suit ont eu lieu dans cette région entre le 8-10 septembre et la fin du mois de septembre ; les semis qui seront faits tardivement dans ces régions, c'est-à-dire vers le 10-15 septembre, lèveront donc au moment où les altises seront en pleine activité migratrice et les jeunes plantules pourront être complètement dévorées.

Dans la région d'Evreux, Mantes, Houdan, Crécy-Couvé, où la température moyenne est un peu plus basse qu'à Versailles et surtout qu'à Moissy, la sortie des adultes a eu lieu vers le 20-25 septembre 1950 et la ponte n'a débuté que vers le 7 octobre ; les œufs étaient donc dans l'impossibilité d'éclore avant l'hiver. En ces divers endroits, il n'y a pas eu d'attaque larvaire automnale tant pour les semis précoces que pour les semis tardifs ; les semis tardifs ont souvent été complètement anéantis par les morsures des adultes, alors que dans les champs semés précocement, le développement des plantules était tel que la surface foliaire consommée par les Insectes était relativement insignifiante.

La détermination de la date optimum du semis est donc extrêmement délicate puisqu'elle est sous la dépendance des conditions climatiques automnales, de facteurs climatiques locaux, de la reprise d'activité plus ou moins précoce des adultes (celle-ci étant elle-même régie partiellement par les facteurs climatiques de l'année en cours) ; enfin, si, d'une façon générale, les dégâts dûs aux adultes sont d'autant plus marqués que les semis sont plus précoces, les lésions occasionnées par les larves seront d'autant plus réduites que les semis seront plus tardifs.

Les larves néonates sont bourrées de réserves adipeuses ; elles peuvent supporter, à la température du laboratoire, une inanition totale pendant 48 heures ; elles sont également très résistantes au froid et leur mobilité est encore très importante à des températures voisines de 4° ; nous avons observé en plein champ, une jeune larve pénétrant dans un pétiole alors que la température était de 6°. Elles peuvent aussi rester immergées dans l'eau pendant 48 heures. Ces observations montrent qu'un automne ou un hiver rigoureux, ou très pluvieux, ne constituent pas des conditions défavorables au développement des larves.

Nous avons élevé un grand nombre d'œufs et de larves à différentes températures constantes ; le graphique n° 29 indique les durées moyennes de développement des différents stades : œufs, larves aux premier, deuxième et troisième âges, prénymphe et nymphe ; le graphique n° 30 donne la durée globale du développement larvaire (1^er^, 2^e^ et 3^e^ âges larvaires). D. GODAN (1951) mentionne qu'à la température de 2° le développement larvaire demande 360 jours : larve 1 : 85 jours, larve 2 : 100 jours, larve 3 : 95 jours et prénymphe : 80 jours. Pour notre part nous avons pu obtenir un développement larvaire complet (L1, L2, et L3) à 4° en 220 jours ; contrairement à ce que mentionne D. GODAN nous n'avons jamais pu obtenir de développement prénymphal et nymphal complet au-dessous de 8-9° ; le développement commence normalement mais la mortalité est considérable et l'on obtient seulement quelques nymphes malformées. A la température de 10°, la mortalité est encore très élevée et une forte proportion d'adultes sont anormaux. Si les conditions climatiques automnales permettent le développement

larvaire jusqu'à la fin du 3e âge avant les grands froids, il est probable que les prénymphes soumises pendant un temps assez long à une température inférieure à 10° périront dans une très forte proportion. Nous verrons au chapitre V les répercussions de ces données écologiques sur la pullulation de l'altise.

D. Godan estime que les larves peuvent se déplacer dans un rayon de 40 cm ; les semis à grand écartement ne sont donc pas à conseiller en tant que moyen permettant d'éviter la dissémination des larves.

Nous avons signalé p. 33 que la ponte est très réduite en plein air lorsque la température moyenne devient inférieure à 7°. D'une façon générale, la ponte sera donc particulièrement importante dans la région parisienne à la fin du mois de septembre et au début du mois d'octobre ; elle pourra se poursuivre pendant la seconde quinzaine d'octobre et le mois de novembre si la température est anormalement élevée.

Les attaques larvaires automnales ont été beaucoup plus graves en 1949 qu'en 1950 ; l'examen du tableau ci-dessous en donne l'explication ; on voit que le mois de septembre et le mois d'octobre 1949 ont été très chauds. La ponte et le développement larvaire ont donc pu se faire dans les meilleures conditions.

Tableau II

*Températures moyennes des mois de septembre à décembre 1949 et 1950*

| | 1949 | 1950 | | 1949 | 1950 |
|---|---|---|---|---|---|
| Septembre 1re déc. .... | 19,2 | 15,9 | Novembre 1re déc. ..... | 4,3 | 7,2 |
| 2e » .... | 16,9 | 14,2 | 2e » ..... | 6,4 | 8,3 |
| 3e » .... | 18,9 | 12,3 | 3e » ..... | 5,9 | 6,4 |
| Octobre 1re » .... | 14,1 | 13,3 | 1re » ..... | 5,9 | 2,7 |
| 2e » .... | 15,7 | 11,6 | 2e » ..... | 3,7 | 1,1 |
| 3e » .... | 8,8 | 6,5 | 3e » ..... | 3,6 | — 2,9 |

En 1951, il n'a été observé des attaques larvaires importantes que dans la région de Melun ; les larves n'ont pu atteindre avant l'hiver que des tailles relativement faibles et sont restées localisées dans les pétioles.

La maturation sexuelle ayant été retardée à l'automne 1952, il n'y eut pratiquement pas d'éclosion avant l'hiver même dans les régions où la reprise d'activité est généralement précoce (Angerville, Versailles).

L'influence du nombre des larves sur le développement des Colzas au stade rosette a été étudiée par D. Godan d'une manière très complète. Le Colza subit généralement peu de dommages lorsque la population est inférieure à vingt larves ; si elle est plus élevée, la précocité de la

mortalité est fonction de la population. Nous n'avons jamais observé dans la région parisienne de population supérieure à 10 larves par plante à ce stade. Le graphique n° 30 indique la durée du développement larvaire à différentes températures constantes.

### Croissance des larves pendant l'hiver

Bien que le seuil thermique du développement larvaire soit voisin de 0°, la croissance larvaire est pratiquement nulle jusqu'à 4°. Les dimensions des larves ne se sont pas modifiées entre le 23 novembre et le 15 janvier 1951 et toutes les larves sont restées dans les pétioles ; pendant la période des grands froids, elles se sont tenues immobiles dans leur galerie. Leur résistance au froid est considérable ; nous avons fait séjourner des plantules attaquées pendant plusieurs mois dans une glacière où la température est restée constamment voisine de 0° ; les larves sont devenues rabougries mais leur développement a repris dès que les plantes ont été transférées dans un milieu plus chaud. L'inanition résultant d'une température modérément basse n'entraîne pas de mortalité.

## C. — Hibernation des adultes et pontes printanières

Des adultes élevés en plein air ont poursuivi leur ponte jusqu'au 23 novembre 1950 (températures moyennes par décades du mois de novembre : 1re décade : 7.2, 2e décade : 8.2, 3e décade : 6.3), c'est-à-dire tant que la température moyenne s'est maintenue au-dessus de 7°. La température moyenne a été de 2,75° pour la première décade de décembre, de 1.14 pour la seconde décade et de —2,88° pour la troisième décade ; durant tout le mois de décembre, les altises furent trouvées au voisinage et sous les feuilles de Navette ou de Colza reposant sur le sol ; la plupart d'entre elles avaient cependant migré dans le sol à quelques centimètres de profondeur ; toutes ces altises devenaient actives après un séjour de quelques minutes à la température de 18-20°.

Tableau III

*Températures moyennes mensuelles des années 1949-1950 et 1951* (Versailles)

| Mois | 1949 | 1950 | 1951 | Mois | 1949 | 1950 | 1951 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Septembre | 18,3 | 14,2 | 15,9 | Mars | 5,1 | 7,2 | 5,6 |
| Octobre | 12,7 | 10,3 | 9,6 | Avril | 11,7 | 8,4 | 8,6 |
| Novembre | 5,5 | 7,3 | 8,9 | Mai | 11,5 | 13,5 | 12 |
| Décembre | 4,3 | 0,2 | 4,7 | Juin | 15,3 | 18,2 | 15,4 |
| Janvier | 4,5 | 2,1 | 5,0 | Juillet | 19,3 | 19,1 | 17,5 |
| Février | 4,7 | 6,0 | 4,4 | Août | 18,2 | 17,4 | 16,6 |

Des dissections effectuées à des dates échelonnées ont permis de suivre le développement des organes génitaux ; entre le 24 et le 28 novembre 1950, les plus grands ovocytes avaient une longueur de 400 à 500 μ ; quelques femelles présentaient des ovocytes désorganisés ou transformés en « corps jaunes » de couleur orangé vif et localisés au sommet du calice. Il n'y avait plus d'œufs mûrs dans les oviductes à partir du début de décembre 1950, mais il y a eu une régression des ovaires et des glandes accessoires mâles (fig. 24). La désorganisation des ovarioles s'est accentuée au cours du mois de décembre (fig. 31) et toutes les femelles présentaient des « corps jaunes » ; chez quelques femelles, il n'y avait plus qu'un seul ovocyte en vitellogénèse ne dépassant pas 210 μ, alors qu'en période normale de ponte il en existe au moins 3, dont le plus gros peut atteindre 800 μ.

Les follicules se sont accrus à nouveau au début de janvier 1951 ; les « corps jaunes » ont été de plus en plus rares et la longueur du dernier ovocyte a parfois atteint 600 μ. Les ovarioles ont acquis un aspect normal à la fin de janvier, la ponte a débuté à la fin de la première décade de février (fig. 31). Des adultes ont été récoltés en plein air au cours de l'hiver et placés au laboratoire à une température moyenne de 19° afin de déterminer le temps s'écoulant entre le début du séjour et l'émission des œufs :

| Dates de récolte des insectes | Ponte |
|---|---|
| 23 novembre | immédiate |
| 5 décembre | le 2e et le 3e jour |
| 25 décembre | le 8e jour |
| 4 janvier | le 2e jour |
| 2 février | œufs mûrs dans le calice, ponte dans les 24 heures |
| 8 février | pontes de 14-16 œufs dans les 24 heures |

L'hiver 1951-1952 a été beaucoup moins rude que le précédent (températures moyennes mensuelles 8°,9 en novembre, 4°,7 en décembre, 2°,8 en janvier, 2°4 en février, contre 7°3 en novembre 1950, 0°23 en décembre et 5°0 en janvier 1951, 4°4 en février) ; il a été rarement constaté des désorganisations de l'ovaire et les glandes annexes mâles ont conservé une taille normale ; une forte proportion d'Insectes ont été attaqués par des Grégarines.

Ces diverses observations permettent de conclure que les altises entrent en arrêt de développement durant la période hivernale ; si l'hiver est doux, la croissance des ovocytes se ralentit progressivement et peut même s'arrêter sans qu'il se produise des désorganisations des ovarioles ; si la température moyenne du mois de décembre est voisine ou inférieure à 0° il se produit des troubles dans l'ovogénèse (formation de « corps jaunes », réduction des glandes annexes mâles). Le phénomène est en fait beaucoup plus compliqué ainsi que nous le verrons au chapitre IV.

Dès la fin des grands froids, nous retrouvons le 3 janvier 1951 à même le sol, une quantité importante d'adultes sous les feuilles mortes ou les feuilles inférieures des plantes ; quelques Insectes sont cachés dans les interstices du sol. Placés à la température du laboratoire, les Insectes reprennent aussitôt leur activité et ne tardent pas à pondre.

En plein air, les altises recommencent à s'alimenter par les après-midi chauds ou ensoleillés lorsque la température est égale ou supérieure à 8° ; la reprise d'activité a été notée dès le 7 janvier 1951 ; les morsures n'ont été nombreuses qu'à partir de la mi-mars. A Crécy-Couvé, où les pontes ont été assez rares en automne, ces morsures ont parfois été aussi abondantes qu'au cours de l'automne.

Les Insectes ne se tiennent plus sur la face supérieure des feuilles mais se cantonnent à la face inférieure et ne se déplacent au cours des mois de janvier et de février que par les journées ensoleillées. Ils s'accouplent de nouveau à partir de la fin février ou du début mars lorsque la température est suffisamment haute ; ces accouplements semblent être indispensables, car des femelles qui avaient été isolées au début du mois d'octobre, ont donné, à partir de février, une forte proportion de pontes stériles.

## Pontes printanières

La ponte reprend à des dates très variables suivant les années : 15 février 1951, 14 mars 1952, 19 janvier 1953 ; elle dépend principalement des conditions thermiques post-hivernales. Elle comprend deux parties : d'une part, la maturation de nouveaux œufs après les grands froids, ce qui peut exiger un temps fort long si la température est inférieure à 7°, et d'autre part l'émission des œufs.

En 1952, la ponte printanière ne représenta qu'un faible pourcentage de la ponte totale : 9 p. 100 en moyenne et seulement 4 p. 100 pour certains lots ; environ 50 p. 100 des œufs furent déposés en mars, 30 à 35 p. 100 en avril, 15 à 20 p. 100 durant les deux premières décades de mai ; à cette époque, la quasi-totalité des individus hivernants avait disparu ; dans les élevages sous abri, on a noté encore quelques pontes à la fin mai et au début de juin.

Durant deux années consécutives, tous les Insectes placés à l'extérieur cessèrent de pondre entre la mi-avril et les premiers jours de mai (19 avril au 5 mai 1951, 19 avril au 3 mai 1952) bien que les conditions thermiques et hygrométriques du moment permettaient une ponte régulière (les causes de ce phénomène sont étudiées au chapitre IV) ; la ponte a repris ensuite et s'est terminée au début de juin en 1951 et le 17 juin en 1952.

En raison de la rigueur de l'automne 1952, les œufs furent émis en

majorité durant l'hiver et le printemps (130 œufs en moyenne par femelle avec un maximum de 275). La ponte reprit de façon sporadique dès la troisième décade de janvier et se poursuivit jusqu'au 15 mai, sauf une ponte exceptionnelle de 11 œufs le 13 juin ; elle se ralentit à la fin d'avril et au début de mai, mais d'une façon moins marquée que les années précédentes.

Il est à remarquer que la ponte se poursuivit durant les mois de janvier et février 1953 alors que la température était nettement plus basse que les années précédentes. Ce fait confirme le rôle de l'état physiologique des femelles à l'entrée de l'hiver, consécutif à la fécondité automnale, sur l'importance des pontes printanières.

En résumé, la ponte peut reprendre très tôt si les conditions thermiques le permettent et si la ponte automnale n'a pas été trop abondante ; elle atteint son maximum d'intensité à la fin du mois de mars ou dans le courant du mois d'avril et cesse pratiquement à la mi-mai. La ponte post-hivernale et printanière est d'autant plus importante que la ponte automnale est plus faible.

### Fécondité et mortalité

Plusieurs entomologistes allemands (Kaufmann, Meuche, Godan) ont étudié la fécondité de l'Altise. Kaufmann (1923) mentionne une fécondité moyenne de 1 000 œufs par femelle dont 400 à 500 seraient pondus après l'hiver ; en 1941, il indique une moyenne de 200 œufs avec un maximum de 416 pour des élevages en plein air ; en élevages au laboratoire, la fécondité moyenne serait de 800 à 1 000 œufs avec un maximum de 1441. D'après Meuche, la fécondité moyenne serait de 300 et le maximum de 495.

Nous avons effectué de nombreux élevages en plein air ; dans ces conditions, la fécondité moyenne est beaucoup plus faible et varie fortement suivant la date du début de la ponte ; elle a été de 64 œufs pour un lot de femelles ayant commencé à pondre le 1er septembre, de 35 œufs pour des femelles dont la ponte a débuté le 10 septembre et inférieure à 10 pour celles qui n'ont pondu qu'à partir du 30 septembre.

En 1951, une forte proportion de femelles étaient grégarinées et la fécondité moyenne comptée à partir du début de février n'a été que de 24 œufs ; le pourcentage de femelles parasitées a été encore plus élevé en 1952 et la fécondité moyenne n'a été pour la même période que de 7 œufs (fig. 33). Par contre, en 1953, il n'y avait pratiquement pas de femelles parasitées ; la rigueur de l'automne 1952 n'a permis qu'une ponte très limitée avant l'hiver ; pour ces deux raisons la ponte printanière a été extrêmement importante atteignant 130 œufs par femelle (fig. 33).

Il est très difficile d'apprécier la mortalité des Insectes en plein champ; des relevés de populations d'altises réalisés à des dates échelonnées nous ont montré qu'il y a une diminution progressive du nombre des Insectes à partir du début de la ponte. Nous avons déterminé durant l'hiver 1951-1952 la mortalité d'altises récoltées dans les champs au moment de la

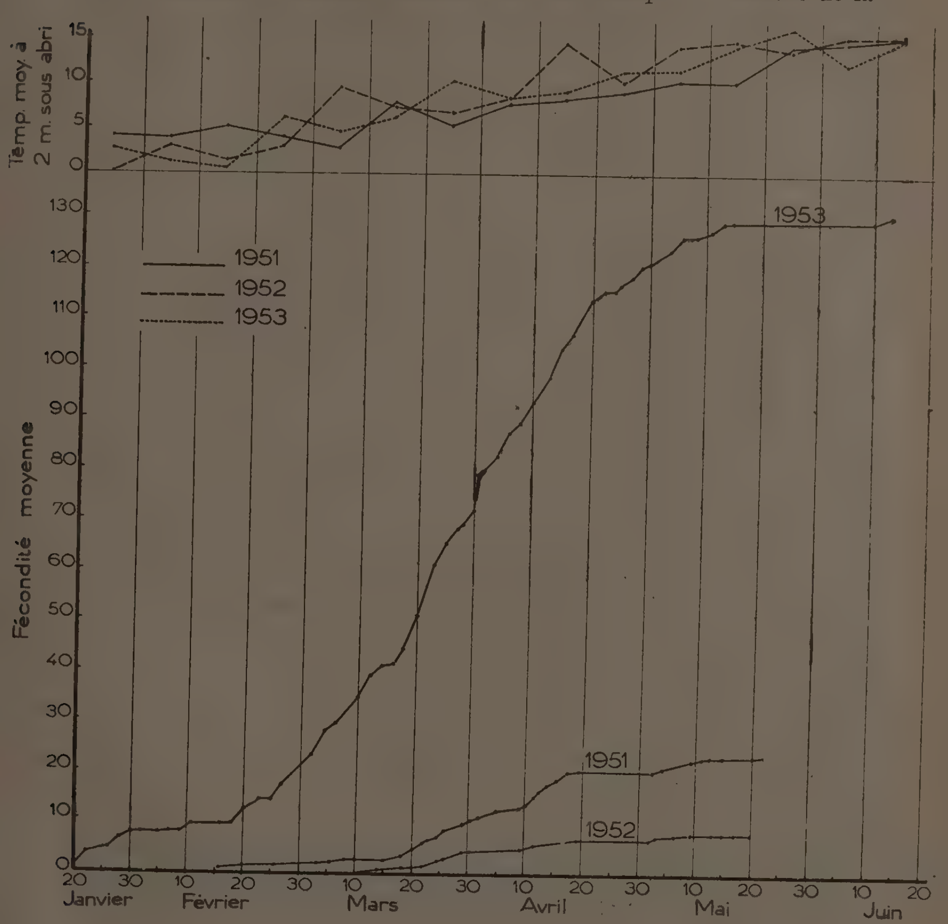



FIG. 33. — Pontes moyennes printanières en 1951, 1952, et 1953.

reprise d'activité et placées dans une vaste cage grillagée ; il n'est pas douteux que la mortalité relevée dans ces conditions ait été inférieure à la réalité. Les pourcentages de mortalité ont été les suivants : 57,5 p. 100 avant les grands froids, 22,7 p. 100 pendant l'hiver, 11, 3 p. 100 pendant la période de ponte printanière, 8,4 p. 100 après la fin de cette période.

80 p. 100 des Insectes sont donc morts avant le printemps, ce qui

explique la rareté relative des pontes printanières. Quelques Insectes ont vécu jusqu'en juillet et même jusqu'en novembre, mais ces altises, dont la longévité a donc été de 18 mois, n'ont pas pondu au second automne.

Les mâles meurent beaucoup plus précocement que les femelles : les pourcentages moyens de mortalité ont été les suivants :

| Date | Pourcentage de mortalité | |
|---|---|---|
| | Mâles | Femelles |
| 11 décembre | 71 | 44 |
| 28 février | 17 | 29 |
| 13 mai | 9 | 13,5 |
| 12 juillet | 3 | 13,5 |

La longévité moyenne est de 5 mois et demi pour les mâles, de 6 mois et demi à 7 mois pour les femelles.

Le taux de mortalité journalière, c'est-à-dire le pourcentage de mortalité relative durant une période donnée divisé par le nombre de jours, est très variable ; 0,7 p. 100 jusqu'aux grands froids, 0,9 p. 100 pendant le plein hiver, 0,3 p. 100 pendant la période de ponte printanière et 4 p. 100 après cette période.

Sous le climat de l'Ile-de-France, les fortes pluies automnales détruisent les altises dans la même proportion que les conditions climatiques hivernales ; en Allemagne, la rigueur de l'hiver entraîne une mortalité beaucoup plus élevée (KAUFMANN, GODAN).

Bien que l'hiver 1952-1953 ait été relativement rigoureux, sur 10 femelles mises en élevage en plein air, une femelle seulement est morte entre le début de décembre et la mi-mars. Nous avons disséqué un grand nombre de femelles récoltées en plein air depuis la fin septembre jusqu'à la fin du mois d'avril 1953 ; nous n'avons pas observé de femelles parasitées par les Grégarines et la ponte printanière fut en conséquence exceptionnellement abondante.

Ces observations permettent de supposer qu'il existe de grandes variations de la résistance des altises aux agents climatiques et aux infections microbiennes suivant l'état physiologique de l'Insecte : l'importance de ces agents sera d'autant plus grande que les femelles seront plus épuisées par des pontes automnales abondantes ainsi que le montrent les expériences de laboratoire mentionnées au chapitre IV.

Les conditions climatiques printanières (température moyenne, forte hygrométrie) sont extrêmement favorables à la survivance des Insectes ; le taux élevé de mortalité que l'on constate à la fin du printemps est attribuable non seulement à la sénilité mais aussi à l'élévation de la température et à la sécheresse.

Nous pouvons conclure de ce qui précède que la ponte s'étale sur plus de 9 mois dans la région parisienne et se divise en deux périodes de

ponte, l'une s'étendant du début de septembre à la mi-décembre, l'autre ayant lieu de la seconde décade de mars (exceptionnellement février) à la mi-mai. Elles sont séparées normalement par un arrêt de développement dont la durée est plus ou moins grande suivant la température hivernale et l'état d'épuisement des Insectes.

L'importance de l'alimentation et celle de la ponte sont également sous la dépendance étroite de la température ; une température inférieure à 0° semble entraîner des perturbations dans l'ovogénèse si elle persiste pendant un certain temps. Nous étudierons d'une façon plus approfondie dans le chapitre IV les facteurs d'ordre interne qui interviennent également au cours de la ponte.

## D. — Développement des œufs et des larves au printemps

### 1. Développement des œufs provenant de pontes automnales

Comme nous l'avons vu antérieurement, un grand nombre d'œufs hivernent et n'éclosent qu'au printemps. En Allemagne, l'éclosion se produit tardivement ; elle ne s'effectue le plus souvent qu'en mars, la température restant très basse jusqu'à cette époque. En France, elle a lieu beaucoup plus précocement et nous avons pu constater des éclosions massives dès le début de janvier 1951 à une température comprise entre 4 et 8° (température moyenne par décades : 3e décade 1950 : 2,88 ; 1re décade 1951 : 4,98 ; 2e décade : 6,15 ; 3e décade : 4,01).

Dans la région de Melun où la plus grande partie de la ponte a pu éclore avant l'hiver 1950-51, il n'y a eu qu'une faible invasion printanière ; la proportion de jeunes larves a été très faible en janvier (il en a été de même au Plessis-Belleville). Leur nombre n'a pas été plus élevé en février et il n'y a plus eu aucune éclosion en mars. Sur les repousses, où la ponte a débuté encore plus tôt, il n'a plus été possible de trouver de jeunes larves néonates dès le début de février ; il n'y a eu que quelques éclosions en janvier.

A Versailles, plus de 60 p. 100 des œufs n'ont pas éclos avant l'hiver et l'invasion hivernale a été considérable, surtout en janvier-février, où le nombre des larves par pied a plus que doublé par rapport à celui de l'automne.

A Crécy-Couvé, Mantes, Evreux, les femelles ont eu le temps de pondre normalement avant les grands froids mais les éclosions ne se sont produites qu'au printemps.

Elles furent importantes dès le mois de janvier et surtout en février et mars par suite de l'élévation de la température qui a entraîné l'éclosion des œufs émis au moment de la période de ponte maximum. En moins de 3 mois, la population larvaire est passée, principalement à Crécy-Couvé,

de 0 à près de 20 larves par pied. Le Colza ayant assez fortement souffert du froid, la floraison se produisit d'une façon très irrégulière ; les feuilles restèrent petites et légèrement gaufrées ; le diamètre et la hauteur des tiges furent nettement inférieurs à ceux des pieds sains et les fleurs avortèrent en partie ; la mortalité des pieds a été cependant très faible. GODAN a constaté qu'il faut, à cette période de l'année, une population de 50 larves par pied pour entraîner un état maladif des plantes et que la plante meurt en 10 jours si elle est attaquée par une centaine de larves.

Au cours de l'hiver 1951-1952, le développement des œufs et des larves fut sensiblement le même que durant l'hiver 1950-1951. Par contre, la quasi-totalité des œufs pondus à l'automne 1952 n'ont éclos qu'au printemps suivant, même dans les localités où la reprise d'activité est normalement très précoce.

### 2. Développement des larves provenant des pontes automnales

Les larves qui étaient toutes situées dans les pétioles inférieurs des plantes à l'état de rosette au début de l'hiver 1950-1951 ne disposèrent que d'une nourriture précaire en janvier ; les pétioles des feuilles étaient souvent dépérissants et fortement touchés par la gelée ; il se produisit, à ce moment, une chute des feuilles de la base de la plante qui fut particulièrement marquée chez certaines variétés sensibles à la gelée telles que « Parapluie ». Les larves hivernantes partirent alors à la recherche d'autres feuilles de la plante-hôte ou sur d'autres plantes. GODAN a bien étudié cette migration et a remarqué qu'elle est surtout réalisée par des larves aux deuxième et troisième âges ; elle peut affecter la totalité de la population larvaire et se faire à des températures très basses (même de 0°).

A Versailles, nous avons observé dès le début de janvier, d'importantes migrations à des températures de 4 à 8° effectuées par des larves aux deuxième et troisième âges (les larves au premier âge étaient très rares).

Le pourcentage des larves migrantes était d'autant plus important qu'il y avait une défoliation plus abondante. Cette migration s'est faite de trois façons différentes : sur des pétioles supérieurs intacts, au bourgeon terminal, dans la tige et le collet.

La migration ayant eu lieu tardivement cette année-là, il ne se produisit pas de dommages importants car la croissance des plantes reprit avant que les larves aient pu occasionner de lésions graves tant au bourgeon terminal qu'à la base de la plante. En février, il y eut surtout des migrations vers le bourgeon terminal qui permirent le développement de pourritures bactériennes (soft-rot) et entraînèrent dans quelques cas une mortalité d'environ 10 p. 100.

Les larves pénétrèrent aussi dans la tige ou dans le collet. L'attaque de la tige se produisit souvent sur des plantes à collet peu élevé par des larves qui passèrent directement du pétiole dans la tige en perforant la zone privée de faisceaux libéro-ligneux. Les jeunes larves de printemps qui migrèrent précocement dans les pétioles furent transportées à des hauteurs assez élevées par suite du rapide allongement de la tige ; un assez grand nombre de ces jeunes larves s'introduisirent dans les plantes en empruntant les galeries forées par des larves plus anciennes.

L'attaque des collets revêtit un aspect qui n'a pas été signalé par les auteurs étrangers. Les grosses larves migrantes (principalement $L_3$), qui se trouvèrent en présence de Colzas ayant déjà une grande taille et dont la base était effeuillée, s'attaquèrent directement au collet ; la puissance de leurs mandibules leur permit de passer au travers des tissus ligneux et de s'introduire à l'intérieur de la moelle. Ces blessures constituèrent une porte d'entrée à des champignons (*Phoma lingam* TODE-DESMAZ) ainsi qu'à des affections bactériennes (*Erwinia* notamment) dont le rapide développement, favorisé par le climat froid et humide, entraîna souvent la mort de la larve (celle-ci ne pouvant vivre en saprophage) ou provoqua la mort ou l'inflexion des tiges donnant à celles-ci l'aspect d'une baïonnette.

Les larves néonates et les jeunes larves au deuxième stade qui se trouvèrent en présence de ces plantes défoliées à la base se glissèrent sous l'épiderme du collet ; étant dans l'incapacité de perforer les tissus ligneux, elles sillonnèrent les tiges de galeries superficielles dont l'éclatement favorisa le développement du *Phoma* et de Bactéries.

### 3. Migration des larves au 3e âge

Dans la région de Moissy-Cramayel, où la croissance des larves fut la plus rapide, les larves au 3e âge parvinrent à leur taille maximum (7,8 à 8,2 mm) à partir de la mi-février 1951. La température étant basse à ce moment (temp. moyenne du 10 au 20 février : 5°22), très peu de larves migrèrent et la plupart d'entre elles restèrent immobiles. Des élevages dans des étuves réglées à de basses températures ont montré que des larves parvenues au début du stade prénymphal peuvent rester à ce stade plus d'un mois dans le Colza.

La migration ne fut importante qu'à partir du 20 mars ; elle fut très marquée entre le 1er et le 10 avril, de sorte qu'entre le 10 et le 30 avril il n'y avait pratiquement plus de larves sur les Colzas, les œufs pondus à la fin de l'hiver n'ayant pas encore éclos.

Le cycle biologique fut à peu près identique au cours de la campagne 1951-1952 ; nous avons trouvé à Vaux dans une île très humide de la Seine des larves parvenues à la fin du troisième âge au début de novembre.

Il est certain que, dans ce cas particulier, la migration larvaire dans le sol a eu lieu avant l'hiver ; nous verrons ultérieurement que ces prénymphes hivernales ont peu de chance de survivre.

En 1953, les premières migrations larvaires ne furent notées qu'au début de mai, c'est-à-dire 45 jours plus tard qu'en 1951.

### D. — Développement des œufs et des larves au printemps

L'importance des pontes de printemps est inversement proportionnelle à celle des pontes automnales. A Moissy, les pontes ont été insignifiantes ; à Versailles, il y a eu en 1951, 10 fois moins de pontes au printemps qu'à l'automne ; à Crécy-Couvé, où les pontes furent relativement rares en automne, il y eut une forte attaque par les larves provenant des pontes de printemps.

Les pontes les plus précoces (février) ont éclos vers le 20-25 mars, celles effectuées le 27 mars ont éclos le 20 avril, celles du 2 avril les 23 et 25 avril, celles du 12 avril le 4 mai.

Ces larves ont pénétré dans les pétioles puis ont gagné rapidement l'intérieur des tiges en passant au voisinage d'un bourgeon axillaire, à l'endroit où les faisceaux libéro-ligneux sont peu abondants.

Les dernières larves néonates furent observées vers le 10-11 mai 1950 et il ne fut plus noté que des larves au 3e âge le 21 mai ; les dernières migrations au sol eurent lieu vers le 30 mai. Il semble que les dernières pontes, qui furent notées vers le 10 mai, avortèrent par suite du dessèchement superficiel du sol ; les prénymphes étant également très sensibles à la sécheresse, les plus tardives doivent fréquemment périr dans une très forte proportion, la nymphose ayant lieu à une profondeur maximum de 7 à 9 cm.

En plein air, les dernières larves néonates apparurent vers le 4 mai (ponte du 12 avril) ; le 28, il ne restait plus de larves au premier âge et quelques rares larves en fin de 2e âge. Le 4 juin, toutes les larves avaient migré au sol. Ceci confirme l'avortement des dernières pontes de mai qui, de toute façon, sont très rares, car il ne reste pratiquement plus, à cette date, d'adultes en plein champ ainsi que nous l'avons signalé précédemment. Les premiers adultes apparurent le 15 juin.

En 1951, les adultes en élevage dans une cage en plein air ont pondu jusqu'au 5 mai et il a été trouvé un assez grand nombre de larves au premier âge le 20 mai.

Le développement des pontes printanières est très rapide ; en 1950-51 l'éclosion des œufs pondus tardivement eut lieu le 14e jour : le développement larvaire se fit en 12 jours pour les larves au premier âge, en 10 jours pour les larves au deuxième âge et en 9 jours pour les larves

au troisième âge ; la durée de la nymphose fut de 10 jours de sorte que le cycle entier se fit en 45 jours.

Les auteurs allemands s'accordent à attribuer aux larves provenant de pontes de printemps une importance économique des plus réduites ; nous avons cependant observé à Crécy-Couvé des lésions assez importantes qui ont entravé la croissance du Colza et diminué le rendement. L'exceptionnelle importance des pontes printanières en 1953 provoqua une très forte invasion des cultures de Colza en avril et mai. Les larves sillonnèrent les tiges en tous sens, entravant leur croissance normale et favorisant le développement tardif du *Phoma lingam* TODE-DESMAZ, notamment à Angerville et à Versailles sur du Colza de la variété Alsace. Ces attaques printanières provoquèrent des dégâts considérables, mais cantonnés aux zones favorables à la concentration des imagos à la fin de l'hiver.

### E. — Nymphose et apparition des jeunes adultes

La nymphose débute, en Allemagne, vers le 15 avril pour les régions continentales et se termine à la fin de juillet. Les maxima se situent vers le 15 mai pour les larves hivernantes et à la fin du mois de juin ou le début de juillet pour les larves issues d'œufs pondus au printemps (KAUFMANN 1941).

Les observations faites au printemps de l'année 1950 ont donné les résultats suivants : des larves au deuxième et troisième âges ont été trouvées le 7 février en grand nombre dans les cultures de Colza du Pas-de-Calais, de l'Aisne, de la Somme, de l'Oise, de l'Eure-et-Loir et de l'Indre.

La température du mois de janvier a été de 2°1 (moyenne de 30 ans : 2°8) et la température de février a été supérieure à la normale (7° contre 3°6). A la fin du mois, il y a eu une période assez rigoureuse (minimum de la 3e décade : 1°2). A la mi-mars, les larves étaient relativement rares ce qui laisse supposer que ces larves avaient migré au sol. Des larves parvenues en fin de développement ont été notées à nouveau en petit nombre à dater du 15 mars et jusqu'au 30 mai.

L'apparition des adultes a été notée à Versailles le 23 mai 1950 (quelques Insectes exceptionnellement précoces sont apparus le 17 mai) et s'est prolongée jusqu'au 11 juin avec un maximum les 7 et 8 (voir fig. 34).

En 1951, nous avons poursuivi avec plus de précision nos observations à Versailles, Moissy et Crécy-Couvé. A Versailles, les premiers adultes apparurent le 15 juin c'est-à-dire avec presque un mois de retard sur l'année 1950.

Nous avons pu contrôler la migration des larves provenant de Moissy

en ensachant des pieds de colza et en comptant journellement les sorties des larves au troisième âge. Quoique les larves aient atteint leur taille maximum dès le début de février, leur migration ne commença sur les repousses qu'à partir de la deuxième quinzaine de mars et n'a atteint son maximum qu'au cours de la première semaine d'avril (7°8). Par contre, la migration des larves provenant du Colza semé le 1[er] septembre commença dès qu'elles eurent atteint leur taille maximum. Ce phénomène s'explique facilement par des observations poursuivies en laboratoire, à des températures relativement basses (inférieures à 8°) ; au lieu de

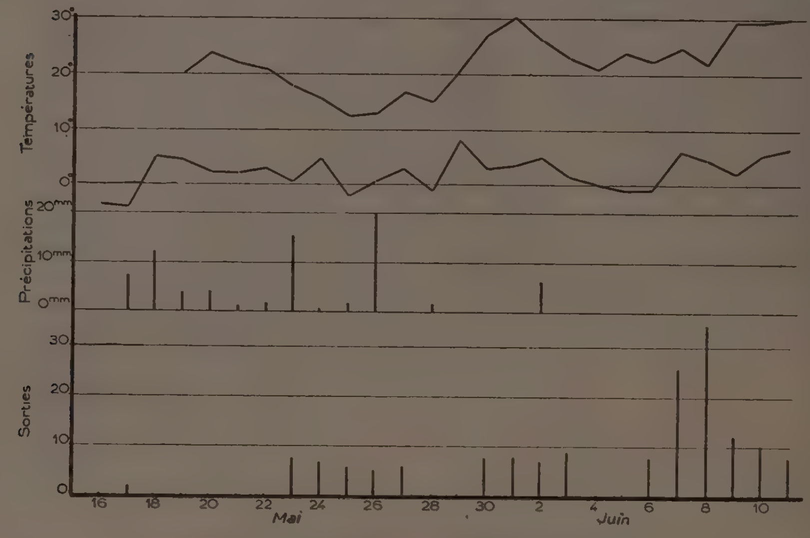



Fig. 34. — Sorties des adultes à Versailles (printemps 1950).

migrer aussitôt après avoir atteint sa taille maximum, la larve peut rester un temps assez variable dans le végétal et y commencer le stade prénymphal. Ces larves ont commencé à migrer à la fin du mois de mars avec un maximum entre le 10 et le 20 avril. La nymphose des premières larves a commencé vers le 10 mai ; la sortie a eu lieu entre le 5 et le 25 juin avec un maximum entre le 10 et le 15 juin étant donné que, dans cette région, la population est surtout formée de larves hivernantes en grande majorité écloses avant l'hiver.

A Crécy-Couvé, l'évolution larvaire, comme nous l'avons vu antérieurement, est seulement printanière. Les larves les plus précoces n'ont atteint leur taille maximum que pendant la dernière décade d'avril et commencèrent à migrer à cette date. La nymphose commença vers le 5 juin et les premiers adultes sortirent vers le 29 juin. Les larves provenaient ici de pontes printanières : la migration larvaire a été surtout

importante en fin de saison et les sorties des adultes ont surtout eu lieu entre le 5 et le 15 juillet. Ainsi, note-t-on une différence de développement larvaire d'un mois à Moissy et Crécy-Couvé (fig. 35 et 36).

Ces deux localités représentent les deux aspects extrêmes du cycle biologique de l'Altise du Colza dans la région parisienne, Versailles représentant un type moyen. Nous avons résumé les différents stades dans les deux graphiques qui montrent les profondes différences que nous avons signalées au cours de l'exposé.

Quelle est la cause de ce décalage biologique ? Nous devons l'attribuer à la température qui présente, pendant toute l'année, une différence de 1/2 à 1 degré entre les deux champs, l'écart le plus fort se situant en fin de printemps et au début de l'été. Ces différences climatiques ont pu être vérifiées phénologiquement par la taille du Colza, le comportement d'autres parasites (Ceuthorrhynques, Cécidomyie de la Luzerne), la date des récoltes (15 jours d'écart pour la récolte du Blé).

Nous avons constaté les mêmes différences en 1952 ; les adultes les plus précoces ont été notés le 1er juin à Versailles et au début de juillet à Crécy-Couvé. En 1953, le cycle biologique fut fortement retardé ; les premiers adultes n'apparurent que le 1er juillet à Versailles ; dans cette localité, le cycle biologique de l'Insecte en 1952-1953 se rapproche ainsi très sensiblement de celui qui a été observé à Crécy-Couvé en 1950-1951 et en 1951-1952.

### F. — Estivation des adultes

En Allemagne (Ostholstein) les jeunes adultes apparaissent à la fin du mois de juin (Blunck, Kaufmann, Meuche). Ils s'alimentent des Colzas qui, à cette date, ne sont pas encore parvenus à maturité puis se réfugient quelques jours plus tard à l'intérieur des tiges de Colza ou gagnent les zones ombragées et humides (lisières de forêt, fossés, buissons, etc). La reprise d'activité s'effectue progressivement de la mi-juillet à septembre.

D'après Newton (1929), le cycle serait totalement différent en Angleterre ; les adultes apparaissent dès la première quinzaine de mai, consomment une grosse quantité de tissus végétaux et commencent à pondre 45 jours après leur sortie ; sur les choux, des larves sont trouvées en juillet et des nymphes au début du mois d'août (Carpenter, Theobald). Il est à remarquer que Roebuck indique que les adultes apparaissent seulement en juin dans le Leicester.

Dans les zones humides de la Baltique, il y aurait, d'après Kaufmann (1940) un cycle transitoire : les Insectes les plus précoces seraient capables de donner une deuxième génération estivale ; ces faits n'ont pas été confirmés.

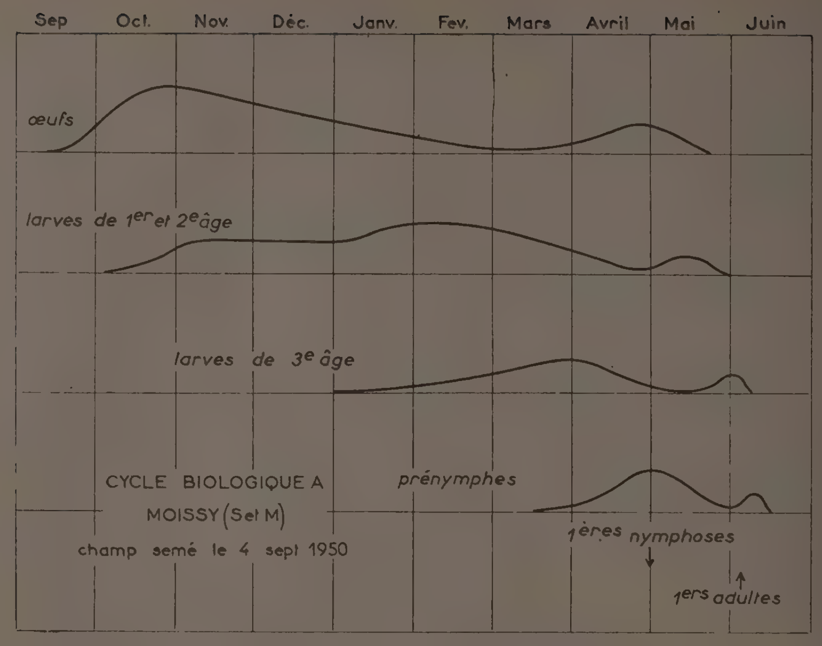



FIG. 35. — Cycle biologique à Moissy-Cramayel (S. et M.), en 1950-1951.

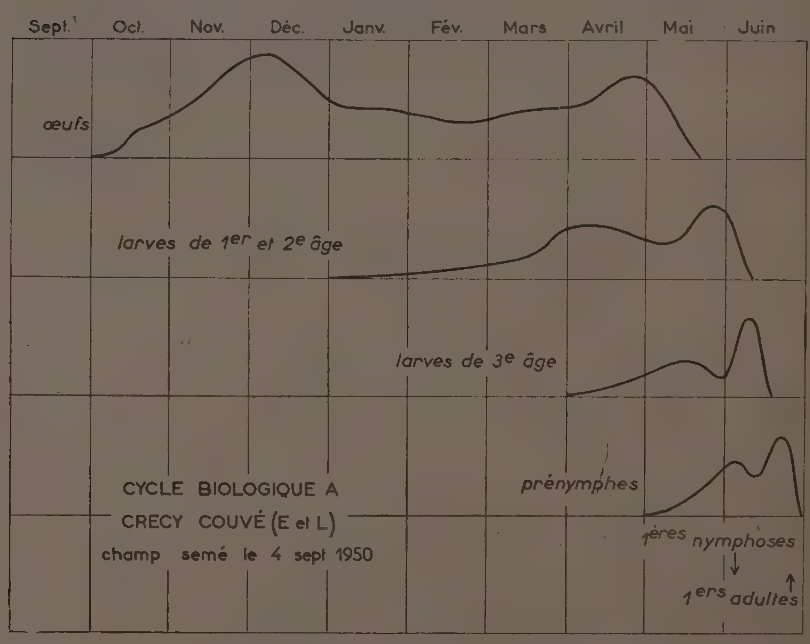



FIG. 36. — Cycle biologique à Crécy-Couvé (E. et L.), en 1950-1951.

### 1. Observations en plein air

Toutes nos observations ont été effectuées dans la région parisienne au cours des années 1950, 1951, 1952 et 1953. Le tableau ci-joint résume les observations faites à Versailles.

TABLEAU IV

*Observations biologiques faites en plein air en 1950, 1951, 1952 et 1953*

| Année | Date de début | | | Nombre de jours entre la date de sortie et : | |
|---|---|---|---|---|---|
| | de sortie | de reprise d'activité | de la ponte | la reprise d'activité | le début de la ponte |
| 1950 | 23 mai | 6 septembre | 11 septembre | 107 j. | 112 j. |
| 1901 | 15 juin | 29 août | 4 septembre | 95 j. | 101 j. |
| 1952 | 1 juin | 25 août | 20 septembre | 86 j. | 112 j. |
| 1953 | 1 juillet | 15 septembre | 25 septembre | 77 j. | 87 j. |

Au cours de la période s'étendant de la sortie des jeunes imagos jusqu'au début de la ponte, on constate une modification des caractères biologiques et physiologiques permettant de distinguer trois phases successives que nous désignerons par phase d'alimentation, phase d'immobilité et phase de reprise partielle d'activité.

*a*) PHASE D'ALIMENTATION. — Dès sa sortie du sol, l'Insecte manifeste un phototropisme positif et un géotropisme négatif très marqués et gagne rapidement la partie supérieure des inflorescences de Colza. Ce déplacement s'effectue par les journées chaudes et ensoleillées peu après la disparition de la rosée. Les altises se déplacent alors rapidement et sautent dans toutes les directions. Au bout d'une dizaine de jours, leur activité diminue progressivement et les Insectes manifestent un stéréotropisme de plus en plus accusé ; ils se tiennent généralement immobiles à l'intersection de la tige et d'un pétiole, entre deux siliques ou encore dans les dépressions des fasciations. Ils sont souvent rassemblés en petits groupes pouvant comprendre jusqu'à une dizaine d'individus. Parallèlement à la maturité du Colza, on constate que les Insectes encore actifs se rassemblent dans les plantes présentant des organes verts, ce qui se traduit le plus souvent par une concentration des altises dans les zones les plus humides ou les plus ombragées du champ ou encore à la lisière des parcelles.

Les altises consomment en peu de jours une quantité importante de nourriture ; elles effectuent d'abord de petites morsures dispersées dans l'épiderme des tiges, des pétioles ou des siliques. Par la suite, lorsque leur mobilité diminue, elles restent longtemps au même endroit et leurs morsures ont alors une surface relativement importante ; elles se voient principalement sur les pétioles et les hampes florales et peuvent entraîner le desséchement partiel des siliques les plus tardives.

En raison de l'échelonnement des sorties, cette phase d'alimentation peut s'étendre sur 20 à 30 jours et elle n'est généralement pas terminée au moment de la récolte des colzas.

Il ne se produit pas, au cours de cette période, d'évolution sensible des gonades ; les téguments et les organes copulateurs de l'Insecte durcissent et il apparaît des réserves graisseuses réparties en masses jaunâtres.

*b*) Phase d'immobilité. — Le début de cette phase coïncide généralement pour la majorité de la population avec la récolte du Colza. Nous avons observé en plein air sur des Colzas recouverts de grandes cages grillagées des altises qui sont restées immobiles dans les inflorescences depuis la fin juin jusqu'aux derniers jours du mois d'août.

Au moment de la moisson, les Insectes les plus précoces doivent abandonner leurs lieux d'estivation ; nous n'avons pas constaté à cette époque de déplacements importants vers des lieux ombragés ou simplement humides. Il semble que les altises s'efforcent de rechercher, le plus rapidement possible, un nouvel endroit d'estivation qui satisfasse leur stéréotropisme et leur hygrotropisme positifs ; il se produit ainsi de petits rassemblements d'altises aux endroits où quelques pieds de Colza possèdent un plus grand nombre de feuilles ou de tiges vertes que la moyenne du champ et où l'humidité relative de l'air est en conséquence plus élevée. Nous avons relevé le 28 juin et le 20 juillet, c'est-à-dire avant la coupe et après l'enlèvement de la récolte, une densité beaucoup plus importante d'altises sur des Colzas végétant sous un Pommier situé au milieu d'un champ ; les pieds situés en cet endroit étaient encore en croissance au moment de la récolte. La concentration des altises sur ces pieds de Colza s'était opérée avant la maturité des plantes ; nous avons dénombré le 28 juin jusqu'à 20 altises par pied de Colza et nous n'avons pas constaté le 20 juillet une augmentation de la densité moyenne des Insectes.

Au sein de ces îlots, les Insectes se réfugient alors dans l'intérieur des chaumes de Colza, de Coquelicot et de diverses plantes sauvages, notamment de Graminées. Ils se tiennent de préférence dans les tiges dont le diamètre intérieur n'excède pas deux fois celui de leur corps et sont localisés à la partie supérieure de ces dernières en ne laissant dépasser que l'extrémité postérieure du corps ou les antennes.

En 1950, la récolte a été faite entre le 30 juin et le 6 juillet ; il a été noté à ce moment un assez grand nombre d'altises sur les siliques. Au fur et à mesure de la dessiccation des siliques, les Insectes se sont concentrés sur les tiges de Colza encore vertes : alors que l'on ne comptait en moyenne que 1 à 2 altises par plante avant la récolte, il était fréquent de dénombrer 20 à 30 Insectes sur ces tiges vertes. Les altises ont continué de ronger l'épiderme des tiges et des siliques jusqu'au 12 juillet, date à laquelle il a été difficile de trouver des Insectes à la surface des

plantes ou du sol, mais où il était aisé de les observer à l'intérieur des chaumes ; la plupart de ceux-ci ne renfermaient qu'une ou deux altises mais certains d'entre eux renfermaient de 3 à 18 altises entassées dans une seule tige.

Dans les champs qui ne reçoivent pas de façons superficielles avant le mois de septembre, les Insectes restent dans leur lieu d'estivation jusqu'au moment de la reprise générale d'activité. Par contre, dans les champs qui sont déchaumés à la fin de juillet ou dans le courant du mois d'août, les altises abandonnent les tiges qui les abritaient et se dispersent parfois sur une assez grande distance jusqu'à ce qu'elles rencontrent des plantes sauvages ; dans les régions de grande culture, il peut se produire de cette manière des concentrations importantes d'altises à la lisière des parcelles, sous les feuilles des plantes basses (Graminées, Ombellifères, etc...), des buissons ou des bois, ainsi que dans les fossés qui bordent les chemins.

Au cours de toute cette période et même si les Insectes doivent rechercher de nouveaux lieux d'estivation, les altises ne s'alimentent pas et leur tube digestif reste complètement vide. Les gonades ne se modifient pratiquement pas.

*c*) Phase de la reprise partielle d'activité. — La fin de l'estivation s'observe généralement à partir de la mi-août et surtout des derniers jours de ce mois. Elle débute le plus souvent après une forte précipitation mais peut être retardée ou même complètement arrêtée par temps chaud et sec.

Parallèlement à la désorganisation du corps adipeux, les gonades se développent et les organes mâles parviennent rapidement à maturité. La croissance des ovaires est plus lente et assez irrégulière ; on ne constate pas encore de vitellogénèse mais un allongement du vitellarium dont la taille finit par égaler celle du germarium.

Les Insectes effectuent d'abord des déplacements restreints et mordillent les feuilles et les tiges vertes des Crucifères sauvages ou cultivées ; l'alimentation ne commence généralement que quelques jours plus tard ; la fin de cette phase est délimitée par une ponte régulière ; dans quelques cas, celle-ci est précédée par l'émission de quelques œufs.

### 2. Etude expérimentale des caractéristiques biologiques et physiologiques des altises en estivation

Nous avons réalisé au cours de l'été 1950 l'expérience suivante : dans un cylindre en rhodoïd d'un diamètre de 16 cm et d'une hauteur de 20 cm, nous avons placé un rameau de Colza, des inflorescences de Brome mou et enfin des morceaux de mousseline réunis sur un bord et disposés comme les feuillets d'un livre, la tranche étant orientée vers

le haut (fig. 37) ; les rameaux de Colza et de Brome étaient changés à intervalles réguliers. Une centaine d'altises ont été introduites dans cette cage placée dans une pièce où la température moyenne a été de 20°-22°, et il a été noté tous les jours la proportion des Insectes se trou-



Fig. 37. — Dispositif-utilisé pour l'étude du comportement des jeunes adultes.

vant aux quatre emplacements suivants : Colza, Graminées, rhodoïd, mousseline et carton constituant le cylindre et feuillets de mousseline. Ces relevés (fig. 38) nous permettent de distinguer très nettement trois phases distinctes dans le comportement des Insectes :

— une phase de déplacement actif du 25 juin au 5 juillet ; les Insectes se tiennent en majorité sur les parois de la cage ou sur le Colza et s'alimentent ;

— une phase d'immobilité quasi-totale du 6 juillet au 10 août ; les Insectes se sont rassemblés entre les feuillets de mousseline, ils dédaignent la plante-hôte normale et, dans une moindre mesure, les inflorescences de Brome qui conviennent à leur stéréotropisme ;

— une phase de reprise progressive d'activité qui s'intensifie à la

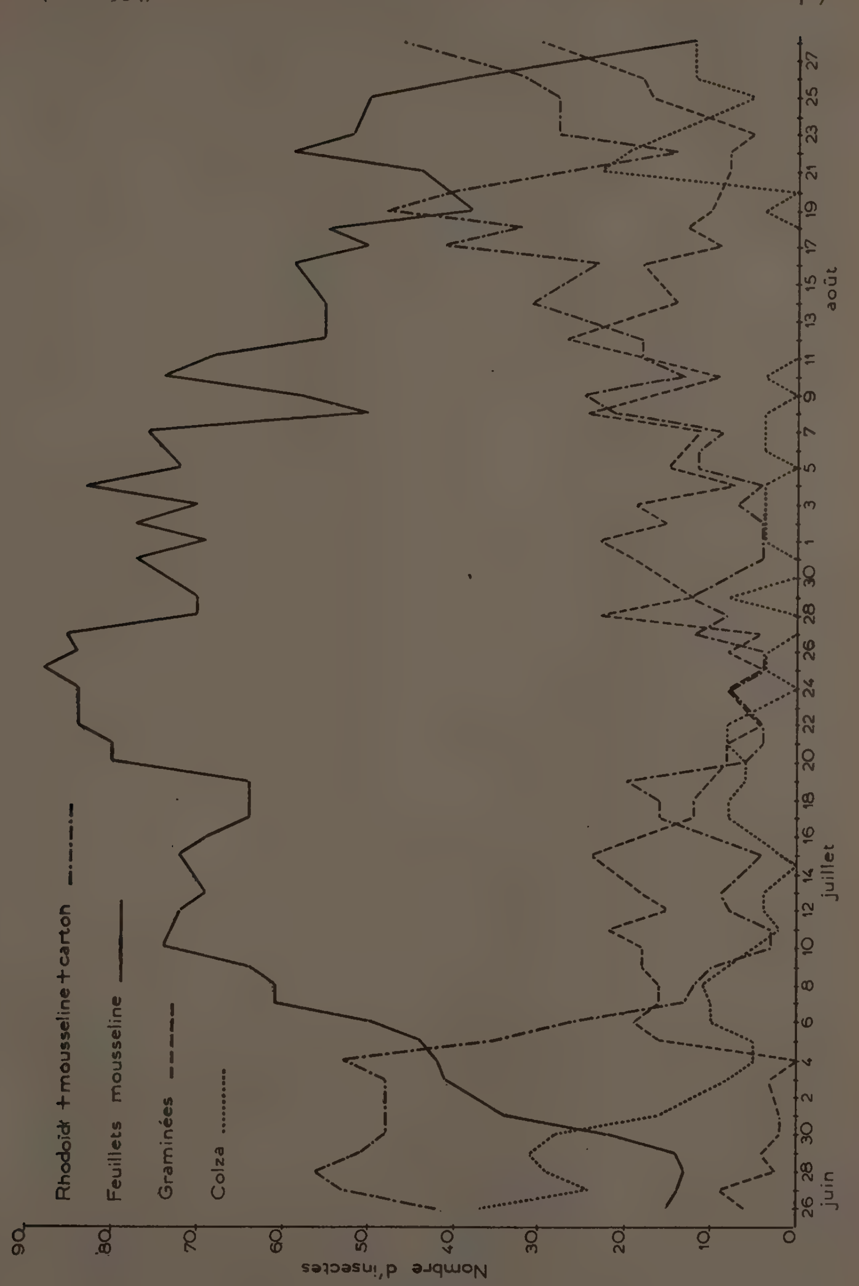



Fig. 38. — Répartition des 100 Altises dans la cage représentée fig. 37, entre le 25 juin et le 27 août.

fin du mois d'août ; les Insectes ne commencent à s'alimenter que vers le 20 août mais les morsures ne sont nombreuses qu'à partir du 4 septembre.

Cette expérience confirme les observations faites en plein air ; elle permet d'éliminer, comme facteurs maintenant l'arrêt de l'activité des altises, l'absence d'aliment, une température trop élevée, l'insolation ou une humidité relative de l'air trop basse.

Afin de pouvoir suivre les fluctuations de l'alimentation des altises, nous avons placé des lots de 25 altises dans des cagettes renfermant de jeunes siliques, renouvelées fréquemment grâce à des semis effectués à des dates échelonnées ; ces cagettes étaient réparties en 3 endroits : dans une étuve réglée à la température constante de 18°, dans une salle où la température moyenne était de 21° et enfin dans une seconde pièce où la température était maintenue à 24°.

Les morsures ont été dénombrées tous les jours et classées en trois catégories : les petites morsures d'un diamètre inférieur ou égal à 0,2 mm ; les moyennes d'un diamètre compris entre 0,2 et 0,4 mm et les grosses dont le diamètre était supérieur à 0,4 mm ; les résultats de ces numérations ont été portés sur le graphique n° 39. Nous voyons que les Insectes se sont comportés de la même façon dans les trois lots, et nous retrouvons les trois phases signalées précédemment : une période de forte alimentation en corrélation avec les déplacements des Insectes, une période d'inanition correspondant à la phase d'immobilité et une période de début d'alimentation correspondant à la reprise partielle d'activité. Dans les trois lots les Insectes se sont nourris voracement à partir du 4 septembre.

Au cours de l'estivation, l'Insecte subit un certain nombre de modifications anatomiques et physiologiques dont l'étude du déroulement permet d'apporter quelques précisions aux phénomènes d'estivation.

Développement des gonades. — A l'éclosion, la poche testiculaire est blanchâtre et a un diamètre d'environ 750 μ ; elle prend rapidement une coloration orangée et atteint un diamètre de 900 à 1 000 μ, exceptionnellement 1 050 à 1 140 ; l'accroissement de la taille de cette poche constitue un critère insuffisamment précis de la maturation sexuelle ; nous avons préféré prendre les glandes annexes tubulaires comme élément de comparaison. A l'éclosion, ces glandes sont hyalines, pelotonnées au voisinage des testicules et ont une longueur de 2 900 à 4 000 μ. Elles s'allongent considérablement, se remplissent progressivement de liquide spermatique et atteignent 5 000 μ au début de juillet soit en moyenne une trentaine de jours après l'éclosion. Leur croissance se poursuit régulièrement en juillet et août ; suivant les années, leur taille est de 6 300-6 500 à 8 100-9 600 μ aux environs du 15 août et l'on note alors la présence de traces de liquide spermatique blanchâtre ; à

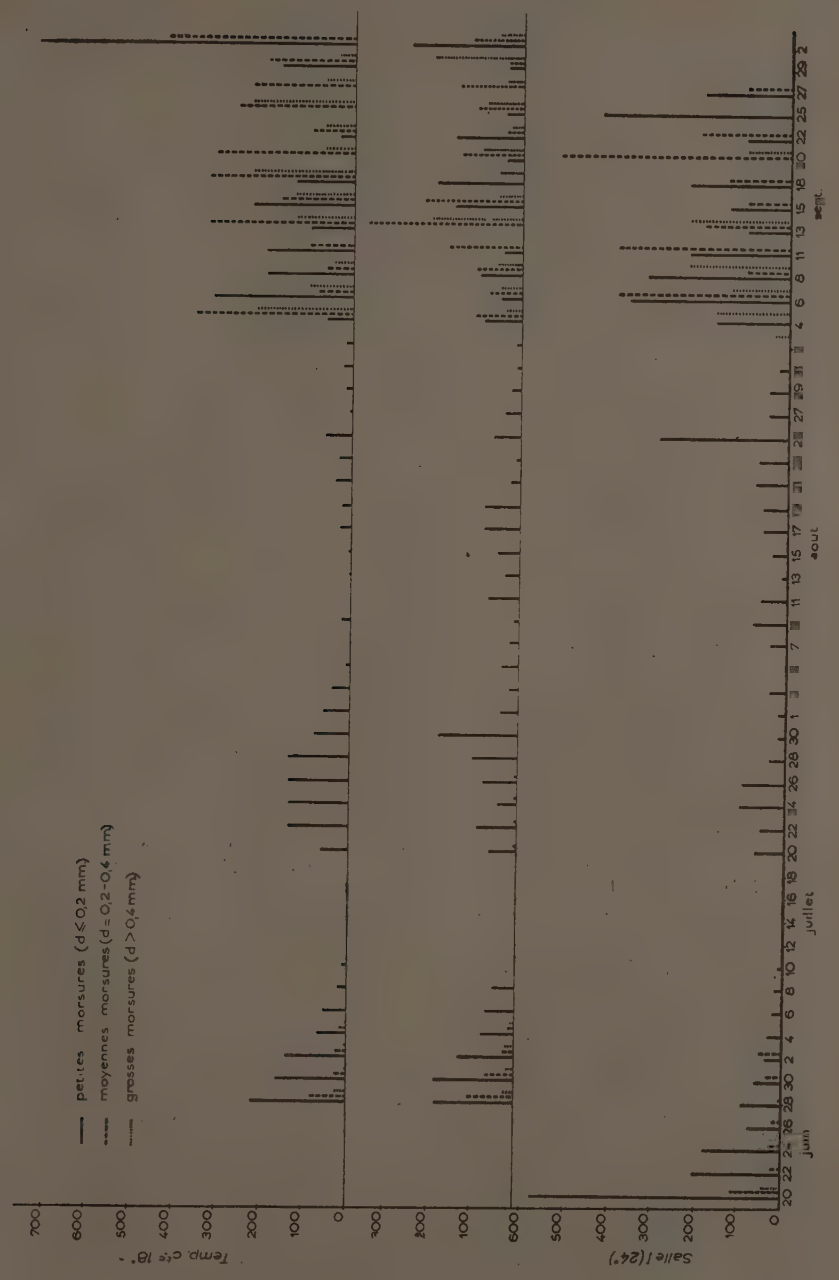



FIG. 39. — Nombre de petites, moyennes et grosses morsures effectuées par les altises élevées à différentes températures.

la fin du mois d'août, elles mesurent 10 800 à 11 400 μ et sont complètement remplies de liquide spermatique ; les Insectes commencent à s'accoupler. Au moment des premières pontes, leur longueur maximum est de 12 000 à 12 600 μ.

L'appareil génital femelle est peu développé au moment de la naissance. Les ovarioles ne comprennent pratiquement que le germarium, de couleur blanche et d'une longueur de 300 à 360 μ, exceptionnellement de 400 ; le vitellarium a la forme d'une sphérule d'un diamètre de 30 à 60 μ . L'accroissement est extrêmement lent ; au début d'août, le germarium ne mesure que 350 à 400 μ et le vitellarium 150 à 200 μ ; au cours du mois d'août, le germarium se développe et atteint 450-500 μ, exceptionnellement 600 à la fin du mois d'août ; le vitellarium a une croissance plus active ; il mesure suivant les années 150 à 350 μ le 15 août, 300 à 470 μ le 25 août, 410 à 700 μ le 30 août avec de très grands écarts individuels.

Il est intéressant de comparer le rapport vitellarium/germarium à l'état physiologique de l'ovariole ; à partir du stade 1/1, on commence à distinguer, chez certains individus, des ovocytes hyalins dans la chambre germinative (ponte ovocytaire) ; au stade 1,5/1 la vitellogénèse commence, la vitesse de maturation et la date de ponte sont essentiellement fonction de la température et de l'hygrométrie ; l'estivation est alors terminée et c'est à ce moment que débute la période de reprise d'activité.

Suivant les années, il peut exister des écarts assez sensibles dans le développement des gonades au cours de la deuxième quinzaine du mois d'août et au début de septembre ainsi que le montre le tableau suivant :

| | 14 août | 26 août | 30 août | 7 septembre | 15 septembre |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 950 | | | | | |
| Mâle-gl. annexes . . | | 6300–6500 μ | 10800–11400 μ | 11400–12000 μ | 12 000 μ |
| Femelle-Germarium | | 400– 450 | 450– 500 | | 510– 600 |
| « Vitellarium | | 300– 450 | 480– 600 | | 900– 2400 |
| 1 951 | | | | | |
| Mâle-gl. annexes . . | 8100–9600 μ | 9400–9600 | 11400–12000 | 12000–12300 | 12300–12600 |
| Femelle-Germarium | 400– 450 | 400– 470 | 480– 520 | 500– 600 | 500– 600 |
| « Vitellarium | 150– 300 | 450– 480 | 500– 700 | 1000– 1700 | 1700– 2400 |
| Vitellarium/Germarium . . . . . . . . . | 1/3–2/3 | 1/2–1/1 | 1/1–1,5/1 | 2/1–2,8/1 | 3,4/1–4/1 |

Développement des réserves adipeuses. — Les réserves adipeuses du jeune adulte sont très peu importantes et de couleur blanchâtre ; elles s'accroissent rapidement, se pigmentent progressivement et sont complétement formées dès le 20-25$^{e}$ jour après la sortie. Elles se présentent sous la forme de gros îlots jaune pâle noyant tous les organes et sont particulièrement abondantes sous le thorax et le pygidium ; la coloration s'intensifie progressivement jusqu'au 30$^{e}$ ou 40$^{e}$ jour et

devient finalement d'un jaune d'or avec de petites plaques orangé vif de structure différente sur les côtés du thorax et du pygidium. Ces réserves ne subissent plus de remaniement jusqu'à la fin du mois d'août (fin de spermatogénèse ou début d'ovogénèse, stades 1/1 à 1,5/1). Le volume des lobules se réduit alors rapidement. Dans la zone où se trouvaient les masses orangé vif, il apparaît une ponctuation brun clair qui s'accentue progressivement pour passer au brun foncé ; les cellules péricardiales prennent une coloration brun roussâtre.

Les besoins en réserves graisseuses, et ensuite en aliments, sont très différents suivant les sexes ; si l'on ne donne aucune nourriture à des mâles après la période d'alimentation intense qui fait suite à l'éclosion imaginale, le développement des glandes annexes et la production des spermatozoïdes ne sont pas retardés ; la disparition des réserves adipeuses n'a normalement lieu qu'à la fin de la spermatogénèse.

Chez les femelles, au contraire, la disparition des réserves adipeuses est à peu près totale avant l'émission du premier œuf et souvent dès le début de la vitellogénèse, la maturation des ovocytes étant surtout conditionnée par une très forte alimentation.

*Alimentation et excrétion.* L'examen du tube digestif révèle que les Insectes ne s'alimentent pas jusqu'à la reprise d'activité, à l'exception de quelques individus à maturation précoce.

A partir de la mi-août, l'activité des tubes de Malpighi s'intensifie ; les tubes moyens et courts sont remplis de fins granules blanchâtres rejetés progressivement dans le tube digestif ; les tubes longs sécrètent une substance jaune verdâtre qui est expulsée sous la forme de fins rubans.

Les différentes phases de la reprise d'activité présentent des caractéristiques anatomiques et physiologiques nettement tranchées pouvant être résumées comme suit :

| | Phase d'alimentation | Phase d'arrêt | Phase de reprise partielle |
|---|---|---|---|
| Développement des : | | | |
| — gonades mâles | élongation des glandes annexes | élongation des glandes annexes | élongation et spermatogénèse |
| — germarium | accroissement faible | accroissement faible | accroissement faible |
| — vitellarium | — | — | accroissement assez rapide |
| Alimentation | intense T. D. rempli | nulle T. D. vide | reprise partielle d'alimentation |
| Tubes de Malpighi | | | excrétion intense |
| Réserves adipeuses | développement et pigmentation | | réduction et brunissement |

L'estivation en plein air est donc caractérisée par un arrêt précoce de l'activité et de l'alimentation ainsi que par un ralentissement ou un arrêt presque total des principales fonctions physiologiques qui ne cessent que durant la dernière décade du mois d'août.

### 3. Etude de l'influence de quelques facteurs sur l'estivation

Nous avons indiqué p. 54 que les jeunes imagos commencent à apparaître dans la région de Versailles entre le 23 mai et le 1er juillet, que la reprise de l'activité ne débutait qu'entre le 25 août et le 8 septembre, et que les premières pontes n'étaient observées que du 2 au 15 septembre ; autrement dit, il s'écoule, suivant les années, de 63 à 107 jours entre l'éclosion des imagos et le début de la reprise de l'activité de l'Insecte et de 70 à 112 jours entre l'éclosion et le début de la ponte ; cette période d'estivation est essentiellement caractérisée par l'inactivité de l'Insecte, l'arrêt de l'alimentation, et par le fait que les gonades ne se développent pratiquement pas. On peut donc supposer que l'estivation correspond soit à un arrêt de développement, soit à une diapause imaginale.

Les facteurs susceptibles de provoquer un arrêt de développement pouvaient être : une température trop élevée, une humidité relative trop basse résultant de la rareté des précipitations, une alimentation déficiente et enfin une trop grande durée de l'éclairement.

Afin de préciser le rôle des facteurs écologiques, nous les avons fait intervenir sur des Insectes récoltés dans les cultures de Colza et sur des Insectes élevés au laboratoire afin d'obtenir un décalage de plusieurs mois par rapport au cycle biologique normal.

Nous avons étudié d'une part leur influence sur divers caractères biologiques de l'Insecte (ponte, nutrition), d'autre part leur influence sur certains caractères physiologiques (adipogénèse, excrétion, développement des gonades).

#### *a*) Influence de divers facteurs écologiques sur les caractères biologiques

1° Étude sur des insectes a cycle normal. — Nous avons mentionné précédemment (p. 405) une expérience consistant en l'élevage d'altises récoltées en plein champ le 13 juin 1950, c'est-à-dire quelques jours après leur éclosion et nourries de siliques vertes prélevées sur des pieds de Colza de printemps semés à des dates échelonnées ; il a été constitué 3 lots placés aux températures moyennes de 18, 21 et 24° et à hygrométrie élevée (70 p. 100). Pour les 3 lots, les Insectes ont commencé à s'alimenter fortement le 4 septembre alors que la reprise de l'activité a débuté le 6 septembre en plein air.

Des altises, récoltées en plein air immédiatement après leur sortie et à des dates échelonnées, ont été élevées dans des conditions thermiques et hygrométriques favorables à la ponte (T. 18-20°, H. R. 70 ou 100 p. 100) et nourries de jeunes feuilles prélevées sur des Colzas de printemps semés à intervalles réguliers.

Tous les Insectes récoltés peu après leur sortie ont eu le même com-

portement : une phase d'alimentation intense rapidement décroissante, de durée variable suivant l'âge des Insectes récoltés, mais n'excédant pas une douzaine de jours, une phase d'arrêt à peu près total de l'alimentation d'une durée de 10 à 15 jours, enfin une phase de reprise irrégulière des morsures s'intensifiant rapidement une huitaine de jours avant la ponte. Alors qu'en plein air les Insectes cessent de s'alimenter pendant 50 à 90 jours suivant les années, l'arrêt total de l'alimentation n'excède pas une quinzaine de jours.

Cette reprise de l'alimentation est toutefois rarement suivie d'une ponte précoce ; dans tous les cas, quelles que soient la date d'apparition et la date de rentrée des Insectes au laboratoire, celle-ci ne se produit qu'exceptionnellement avant la fin août et le début de septembre. Si l'estivation est sous la dépendance directe de facteurs écologiques, l'action prolongée d'une température et d'une hygrométrie favorables à la ponte ne suffisent pas à déclencher précocement la croissance des ovarioles et ne raccourcissent la durée d'estivation que de 10 jours tout au plus.

Afin d'étudier l'action de la température, de l'humidité, de l'alimentation et de la durée de l'éclairement, nous avons constitué une expérience comprenant 8 lots où ces différents facteurs étaient étudiés isolément ou conjointement. Les Insectes ont été récoltés le 14 juin 1951 à Moissy-Cramayel, c'est-à-dire peu de jours après leur éclosion. Chaque lot comprenait 30 Insectes répartis en 5 groupes de 6 Insectes (3 mâles et 3 femelles). Six de ces lots étaient placés dans des cylindres en rhodoïd où un paquet de papier filtre humecté régulièrement maintenait une hygrométrie constante de 100 p. 100 ; les deux autres étaient élevés dans de petites cagettes où l'hygrométrie était d'au moins 70 p. 100. L'alimentation était constituée par de jeunes siliques ou de jeunes feuilles ; les altises recevaient un éclairage naturel (durée : au début de l'expérience : 16,15 h, à la fin : 12 h, ou réduite à 8,30 h par jour par la mise en place de grandes boîtes en carton de 17,30 h à 9 h).

TABLEAU V

*Caractéristiques des différents lots*
*et temps écoulé entre le début de l'expérience et la première ponte*

| Lot | Température | H.R. | Aliment | Eclairement | Ponte après |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 22 — 24° | 100 | Silique | normal | 96 jour |
| B | — | — | Jeune feuille | — | 94 |
| C | — | — | — | 8,30 H | 84 |
| D | — | 70 | Silique | normal | 95 |
| E | 18 — 20° | 100 | — | — | 92 |
| F | — | — | Jeune feuille | — | 82 |
| G | — | — | — | 8,30 H | 94 |
| H | — | 70 | Silique | normal | 82 |

Tous les lots ont présenté sensiblement les mêmes caractéristiques alimentaires : morsures nombreuses pendant une dizaine de jours, rares jusqu'au 4 juillet puis reprise progressive de l'alimentation jusqu'à la ponte avec une nette accentuation à la fin du mois d'août. A la température de 22-24° et à une hygrométrie de 100 p. 100 le ralentissement de l'alimentation fut moins marqué. Le nombre des morsures fut nettement plus faible dans le lot D.

Il n'a été obtenu aucun résultat significatif en ce qui concerne la ponte ; quelles que soient les conditions expérimentales, la ponte a repris à une époque sensiblement identique à celle des Insectes séjournant en plein air, l'écart étant au maximum d'une dizaine de jours.

Ces essais furent repris en 1952 avec des Insectes récoltés quelques jours après leur apparition à Angerville (12 juin) ; chaque lot comprenait 6 groupes de 2 mâles et de 2 femelles.

TABLEAU VI

*Caractéristiques des différents lots*
*et temps écoulé entre le début de l'expérience et la première ponte*

| Lot | Température | H.R. | Aliment | Eclairement | Ponte après |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 18 — 20° | 100 | Jeune feuille | normal | 71 jours |
| B | — | 70 | — | — | 74 |
| C | — | 100 | — | 3 H | forte mortalité |
| D | — | — | — | 6 H | — |
| E | — | — | — | 16 H | 90 jours |
| F | — | — | — | 24 H | pas de ponte |
| G | 22 — 24° | 70 | — | normal | 81 jours |
| H | — | — | Feuille mature | — | 96 |

Comme l'année précédente, nous avons eu une période de forte alimentation jusqu'au 25 juin, puis un arrêt à peu près total jusqu'au 7-12 juillet, et enfin une reprise marquée à partir de cette date. La ponte fut un peu plus précoce que dans le cas précédent ; elle ne fut cependant observée que 71 à 96 jours après le début de l'expérience soit 46 à 70 jours après la reprise de l'alimentation.

L'action prolongée de divers facteurs écologiques permettant le déclenchement de la ponte n'a donc pas permis d'accélérer dans des proportions notables le développement des gonades ni même d'obtenir une forte activité alimentaire. Il est à remarquer cependant que quelques Insectes récoltés précocement en 1951 (à Moissy) et en 1952 (à Angerville) ont émis temporairement quelques œufs 35 à 41 jours après le début de l'essai ; ces altises ont présenté, comme les Insectes normaux, une phase de dépression alimentaire mais qui a été suivie d'une reprise

plus marquée de l'alimentation, et c'est au début de cette période qu'il a été noté l'émission de quelques œufs.

Un autre essai a été fait en vue de comparer l'action des températures constantes et des températures alternées ; il comprenait 3 lots constitués avec des altises récoltées en plein air le 12 juin et élevées au laboratoire jusqu'au 5 juillet, date du début de l'expérience. Les Insectes du premier lot élevés à la température constante de 18° ont commencé à pondre le 3 septembre ; ceux du second lot placés de 9 à 17 h à 28° et de 17 à 9 h à 12° ont pondu pour la première fois le 29 août ; enfin les altises du 3e lot, élevées de 9 à 17 h à 24° et de 17 à 9 h à 15°, ont pondu à partir du 18 septembre.

La date de reprise de la ponte est indépendante dans une certaine mesure de la date d'apparition des Insectes. En 1951-1952 et 1953, nous avons récolté des altises en divers endroits et nous les avons élevées dans des cages grillagées en plein air ou au laboratoire à 18°-20° ou 22°-24° et à 70 p. 100 ou 100 p. 100 d'H.R. (fig. 40) ; des larves récoltées à

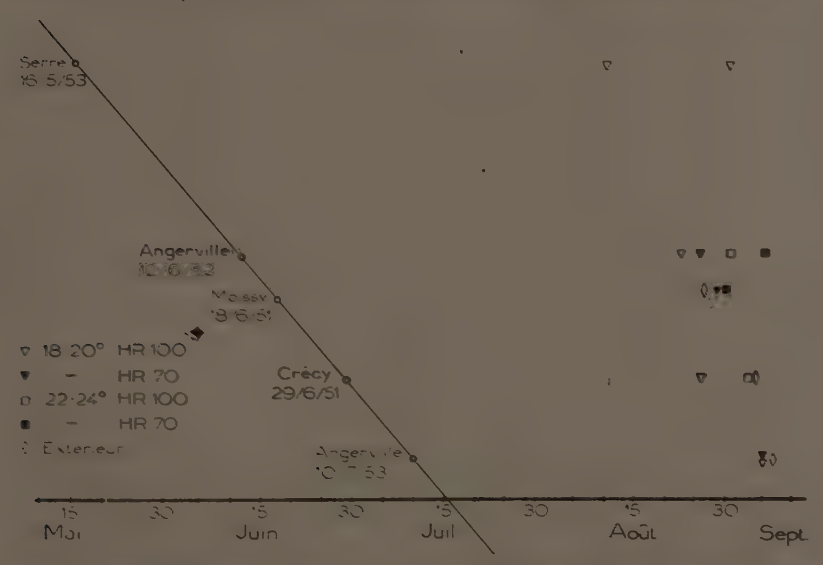



FIG. 40. — Dates de l'éclosion imaginale et de la reprise d'activité des altises récoltées à Moissy, Angerville, Crécy-Couvé, et élevées à Versailles, en plein air ou au laboratoire.

l'automne 1952 et placées dans une serre ont atteint le stade adulte le 16 mai 1953 ; ces adultes ont été élevés à 18°. L'examen de la figure. 41 montre que la ponte a eu lieu sensiblement à la même date quelles que soient l'origine et les conditions d'élevage ; ceci semble donc prouver qu'il existe, sous le climat de Versailles, à la fin du mois d'août ou au début de septembre des conditions particulières favorables à la ponte

et d'autre part que, dans les élevages en plein air, la durée de l'estivation peut être abaissée au moins jusqu'à 63 jours (Angerville 1953).

Quelles que soient les conditions climatiques et alimentaires subies par les Insectes, on retrouve toujours les trois phases caractéristiques de l'estivation. L'absence de conditions favorables au thigmotactisme

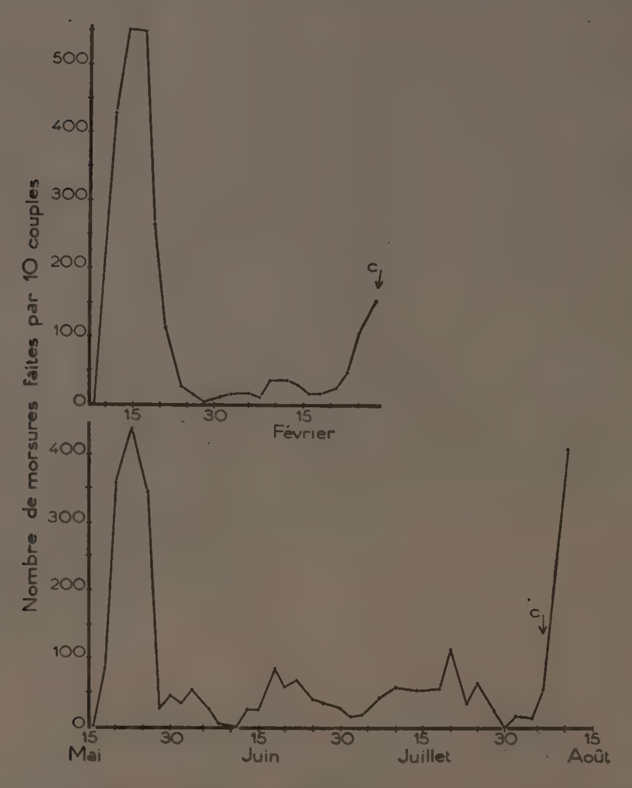



Fig. 41. — Nombre de morsures et dates du début de la ponte continue (*c*) d'adultes provenant de larves récoltées à Moissy en novembre 1952. En haut, Insectes élevés en hiver; en bas, Insectes élevés en été dans les mêmes conditions thermiques et hygrométriques.

et la présence d'une forte hygrométrie provoquent une reprise précoce d'alimentation souvent irrégulière, d'autant plus intense que la température n'est pas trop élevée (optimum 18-20°) et que l'alimentation est plus aqueuse. Toutefois, la durée de cette phase est extrêmement variable, la ponte ne semblant pouvoir se déclencher avant la fin du mois d'août et étant largement indépendante de la date d'apparition des imagos.

2° Étude sur des insectes a cycle décalé. — Le but des expériences suivantes a été d'éviter ou de rompre la diapause en élevant des

Insectes à contre-saison afin de faire intervenir certains facteurs, tels qu'une alimentation différente, une durée d'éclairement moyenne, une température relativement basse, qu'il est assez difficile de modifier ou d'obtenir durant l'été.

Nous avons élevé des larves récoltées au début d'octobre 1950 à Moissy-Cramayel à une température de 21° et à une H.R. de 100 p. 100 ; les adultes apparurent dans le courant du mois de décembre et au début de janvier ; ils furent placés dans des cagettes reposant sur du sable humide afin de maintenir une hygrométrie de 100 p. 100 et nourris de jeunes feuilles de Colza d'hiver prélevées à l'extérieur. Ces cagettes, contenant 5 à 10 Insectes nés sensiblement à la même date, furent placées dans des étuves où la température était de 12, 15, 20° et 24° ; il n'y eut pas de ponte dans le lot à 12°.

A la température de 24°, l'alimentation se poursuivit pendant une dizaine de jours, s'arrêta pendant près de 40 jours, puis reprit avec intensité ; la ponte commença le 64e jour et fut régulière. A 20°, la phase d'alimentation eut une durée d'une vingtaine de jours, puis les Insectes cessèrent de se nourrir pendant 20 jours et la première ponte fut notée le 58e jour. A 15-16°, la ponte régulière commença le 58e jour.

Au cours de l'hiver 1952, des essais effectués aux températures de 16 et 20° donnèrent des résultats irréguliers ; à 20°, la ponte continue commença le 42e jour dans un lot et le 50e jour dans un autre.

Ces essais furent repris de façon systématique au début du mois de janvier 1953 avec une technique d'élevage améliorée. Il fut employé des altises de deux origines : celles des lots A et B provenaient d'œufs pondus au laboratoire ; les larves et les nymphes ont été élevées à 16-18° et à 100 p. 100 d'H.R. ; les adultes des autres lots provenaient de larves au 3e âge récoltées à Moissy et élevées dans les mêmes conditions que précédemment. Ces Insectes ont été répartis en 12 lots comprenant chacun 5 groupes de 3 mâles et de 3 femelles soit 30 Insectes au total.

Cette expérience avait pour but principal d'étudier l'influence d'une exposition initiale des imagos à de fortes températures et à de faibles hygrométries sur le déclenchement de la diapause et sur la prolongation de la post-diapause.

Le lot A fut soumis à un éclairement d'une durée de 16 h (lumière naturelle complétée par la lumière artificielle) et les autres lots à la lumière naturelle (durée 10 h au début de l'expérience et 13 h à la fin) ; les altises étaient alimentées avec de petites feuilles de Colza d'hiver (var. Alsace) cultivé en serre froide.

Les conditions dans lesquelles ont été élevés les différents lots, la date du début de la ponte et la fécondité moyenne ramenée à 10 femelles vivantes le 45e jour après le début de l'expérience ont été les suivantes.

TABLEAU VII

*Action de diverses températures et hygrométries sur la ponte*

| Lot | Conditions d'élevage : | Début ponte le | Fécondité |
|---|---|---|---|
| A | constamment à 18° et à 100 p. cent H.R. (16 h éclair.) | 45e j | 988 |
| B | « « (lum. nat.) | 51 | 1058 |
| C | « « | 47 | 995 |
| D | 5 jours à 18° et 60 p. cent H.R. puis à 18° et 100 p. cent H.R. | 47 | 925 |
| E | 10 « « « | 47 | 923 |
| F | 20 « « « | 40 | 972 |
| G | 30 « « « | 49 | 597 |
| H | constamment à 22° et 100 p. cent H.R. | 58 | 222 |
| I | 2 jours à 22° et 100 p. cent H.R. puis à 18° et 100 p. cent H.R. | 52 | 318 |
| J | 5 « « « | 47 | 437 |
| K | 30 jours à 22° et 60 p. cent H.R. puis à 22° et 100 p. cent H.R. | 52 | 153 |
| L | 5 jours à 22° et 100 p. cent H.R. puis à 18° et 100 p. cent H.R. | 38 | 832 |

Nous avons donc pu obtenir, avec les lots L et A, la ponte dès le 38e ou le 45e jour après l'éclosion imaginale, c'est-à-dire une diminution marquée de la durée de l'ensemble de l'estivation. Dans tous les cas, nous avons noté les trois phases observées tant en plein air que dans les élevages d'été mais leurs durées relatives ont fortement varié suivant l'H. R. :

| | 60 p. cent H.R. | 100 p. cent H.R. |
|---|---|---|
| phase d'alimentation | 25 — 30 jours | 12 — 15 jours |
| phase d'arrêt | 10 — 15 | 25 — 28 |
| phase de reprise d'activité et d'alimentation intense | 7 — 21 | 7 — 27 |

Il est à noter que les phases d'alimentation et d'arrêt présentent un synchronisme étroit avec celles qui sont observées en plein air ou sur des Insectes à cycle normal ; leur durée totale (une quarantaine de jours) reste sensiblement constante quelles que soient les conditions écologiques. La phase de reprise d'alimentation est, par contre, considérablement écourtée et suivie d'une ponte précoce et généralisée (fig. 51).

Dans tous les cas, il semble se produire une diapause imaginale, se décomposant en trois phases nettement caractérisées : pré-diapause et diapause proprement dite d'une durée largement indépendante des facteurs écologiques (35 à 40 jours), et post-diapause d'une durée extrêmement variable (0 à 70 jours). La diminution de la durée de la diapause constatée dans les élevages hivernaux par rapport aux élevages d'été est attribuable à une diminution de la durée de la post-diapause.

Les œufs obtenus dans les lots B à G ont été élevés à 18° jusqu'à l'état adulte puis répartis en deux lots : le premier lot fut élevé à 18° et à 100 p. 100 d'H.R., le second lot à 18° et à 60 p. 100 d'H.R. ; il y eut

une seule femelle dont la ponte fut régulière (15-27 juin) dans le premier lot, soit 41 à 44 jours après l'éclosion, alors qu'il n'y eut aucune ponte dans le second lot ; la mortalité fut très élevée dans les deux lots.

Des essais similaires furent faits avec des larves récoltées à l'extérieur et placées ensuite à 18° et à 100 p. 100 d'H.R. jusqu'à l'apparition des adultes (15 mai) ; ceux-ci furent alors élevés à 18 et à 100 p. 100 ou à 60 p. 100 d'H.R. ; il n'y eut pas de ponte à 60 p. 100 d'H.R. et les premiers œufs furent notés seulement dans le lot à 100 p. 100 d'H.R. le 86e jour (10 août) après le début de l'expérience (fig. 42).

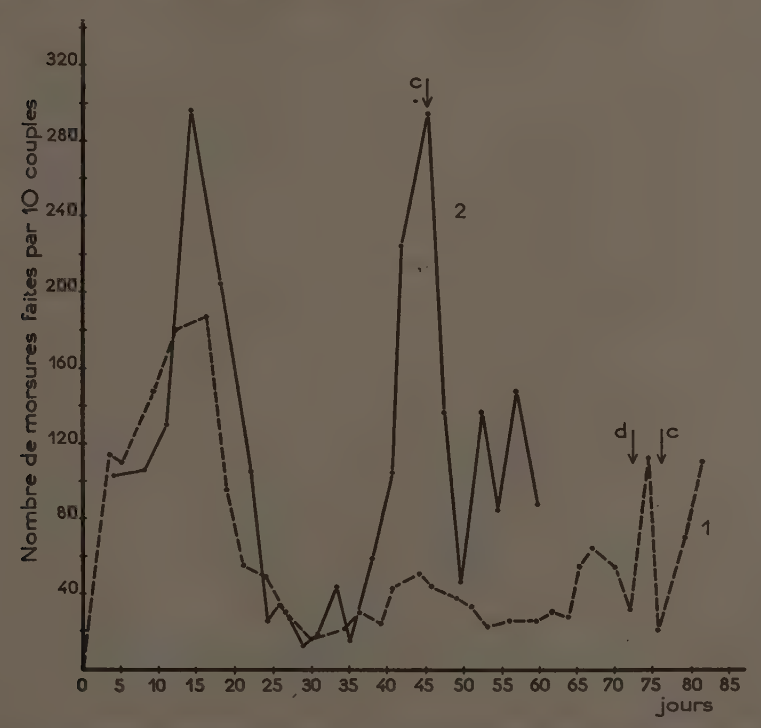



FIG. 42. — Nombre de morsures effectuées par 10 couples d'altises originaires d'Angerville (juillet 1954) élevées en plein air (1), et par 10 couples à cycle décalé élevés à l'étuve 18° et à 100 p. 100 d'H. R. (2) : d : début de ponte irrégulière ; c : début de ponte continue.

3° INFLUENCE RELATIVE DE DIVERS FACTEURS. — La température a surtout une très grosse influence sur la vitesse de maturation des ovocytes en période de forte activité alimentaire ; nous n'avons pas observé d'écarts significatifs aux températures moyennes de 18 à 22°. Il est toutefois à remarquer que les altises des lots A à F ainsi que le lot L, c'est-à-dire celles qui ont été placées dès leur sortie, ou peu de temps après celle-ci, à 18° et à 100 p. 100 d'H.R. ont eu une ponte très homogène. Il n'en

a pas été de même avec les lots élevés à 22° ; une partie des Insectes de ces lots ne commença à pondre qu'entre le 98e et le 104e jour après le début de l'expérience.

Nous avons élevé au printemps 1954, et dès leur apparition, des altises à différentes hygrométries et à une température de 18-20° ; elles étaient nourries de jeunes feuilles de Colza d'hiver prélevées en plein air.

| H.R. | dates moyennes de ponte | Délai moyen | Délai minimum |
|---|---|---|---|
| 80 p. cent ........... | 22 — 23/4 | 60 j | 52 j |
| 100 p. cent ........... | 17 — 19/4 | 56 | 37 — 46 |

Il y eut entre les lots un écart significatif de 4 jours ; il est vraisemblable que l'hygrométrie estivale, qui est souvent inférieure à 80 p. 100, exerce une certaine action sur la durée de la post-diapause ; nous avons vu toutefois que son influence n'était que secondaire, puisque la date de la ponte n'est pas sensiblement modifiée (15 jours au maximum) bien que la reprise de l'alimentation ait eu lieu précocement.

Une expérience menée en parallèle avec celle dont les résultats sont indiqués au tableau VII montre, qu'à une forte hygrométrie, la phase d'alimentation est d'autant plus courte et le nombre quotidien de morsures d'autant plus important que la température est plus élevée.

| Température | Durée d'alimentation | Nombre moyen quotidien de morsures |
|---|---|---|
| 24° | 8 — 10 j. | 20 |
| 20° | 12 | 17 |
| 18° | 15 | 11,5 |
| 16° | 20 | 7,5 |
| 12° | 30 | 4,5 |

A une faible hygrométrie, les écarts en durée et en intensité sont sensiblement plus faibles ; l'ensemble phase d'alimentation et phase d'arrêt d'alimentation conserve une durée sensiblement constante.

Les observations effectuées en plein air ou au laboratoire sur des Insectes à cycle normal permettaient de supposer que la ponte commençant chaque année à une date sensiblement constante, devait être conditionnée par la photopériodicité. La reprise d'activité débute en plein air au cours de la 3e décade du mois d'août, c'est-à-dire lorsque la durée du jour est de 13,30 h ; dans nos élevages hivernaux à la lumière naturelle, la période de forte alimentation a été observée depuis la mi-février jusqu'aux premiers jours d'avril (durée du jour : 10 à 13, 30 h).

Des élevages d'Insectes soumis à différentes photopériodes n'ont pas donné de résultat positif ; on pouvait supposer que d'autres facteurs, particulièrement l'alimentation, exerçaient une certaine influence s'ajoutant à l'action de la photopériode. Les essais effectués sous éclairage artificiel sur des Insectes à cycle décalé n'ont pas donné de résultats significatifs.

Au printemps 1954 nous avons essayé de mettre en évidence l'influence qualitative de l'alimentation sur des lots importants d'Insectes (chaque lot comprenait 3 cages renfermant chacune 15 mâles et 15 femelles) ; les altises du premier lot étaient alimentées avec des feuilles ayant hiverné de Colza d'automne semé en plein air et celles du second lot avec de jeunes feuilles récoltées sur les mêmes pieds ; enfin les Insectes du troisième lot étaient nourris de jeunes feuilles provenant d'un semis printanier en serre de la même variété de Colza.

| Lots | | Date moyenne de ponte | Délai moyen | Délai minimum |
|---|---|---|---|---|
| I — Feuilles hivernantes | extérieur...... | 11/4 | 46,50 j | 37 j |
| II — Jeunes feuilles | — ...... | 17 — 19/4 | 56 | 37 — 46 |
| III — Jeunes feuilles | serre ...... | 23 — 25/4 | 61,5 | 52 |

Il y a eu un écart très net entre les dates de début de ponte relevées dans les différents lots, l'écart maximum étant de 15 jours entre les lots I et III. Dans le cas de l'Altise du Colza, c'est-à-dire d'un Insecte dont la reprise d'activité a lieu à l'automne, ce sont donc les feuilles âgées qui provoquent la reprise de ponte la plus précoce ; leur action sur la fécondité est beaucoup moins marquée. Pour des insectes à reprise d'activité printanière, tels que le Doryphore, ce sont au contraire les jeunes feuilles qui entraînent le plus rapidement la ponte (GRISON 1947).

Il est intéressant de comparer à cet égard les résultats obtenus avec des Insectes récoltés en plein champ et ceux relevés avec des Insectes élevés sous diverses conditions qui ont pu être maintenus en période de ponte à la fin du printemps : altises écloses l'année précédente et placées à de basses températures (4, 8, 12°), Insectes obtenus au laboratoire en cours d'hiver et ayant commencé à pondre au printemps (élevages à 12 et 18°). Dans tous les cas, la mortalité s'est anormalement accrue au cours des mois de juillet et août et le nombre des Insectes qui ont survécu au-delà du mois d'août a été extrêmement faible ; la ponte s'est toujours arrêtée à cette époque et a parfois repris de façon plus ou moins régulière à l'automne.

C'est ainsi que les altises récoltées en juin 1952 et élevées à 4° ont pondu régulièrement d'octobre à juillet 1953 ; la mortalité n'a été que de 20 p. 100 durant toute cette période. La ponte s'est arrêtée totalement au début d'août et toutes les femelles sont mortes au cours de ce mois alors qu'elles n'avaient effectué que la moitié de la ponte moyenne.

Des Insectes obtenus au laboratoire au cours de l'hiver ont commencé à pondre le 9 avril à la température de 12° ; le nombre des femelles est passé de 13 le 9 avril à 8 le 18 juillet ; la ponte a cessé le 25 et tous les Insectes étaient morts le 18 août. Un élevage fait dans les mêmes conditions de température et d'hygrométrie avec des altises récoltées en plein champ en septembre 1952 avait permis d'avoir une ponte con-

tinue pendant plus de 8 mois ; la mortalité était de 40 p. 100 au bout de 120 jours et de 70 p. 100 au 8e mois (y compris 20 p. 100 de mortalité au début de l'expérience).

Enfin les pontes précoces obtenues avec des Insectes apparus à la fin du printemps ont toujours présenté un caractère temporaire et sporadique et les femelles sont mortes rapidement.

Pour démontrer l'influence de la nourriture, il faudrait pouvoir cultiver du Colza pendant l'hiver sous des conditions climatiques voisines de celles qui existent durant le mois d'août ; faute de serre bien équipée, il ne nous a malheureusement pas été possible de réaliser cette expérience.

### *b*) Influence de divers facteurs écologiques sur les caractères anatomiques et physiologiques

1° *Insectes à cycle normal.* — En 1951, les adultes ont éclos à partir du 5 juin, l'estivation s'est étendue du 20 juin au 29 août, les premiers œufs ont été pondus le 4 septembre ; le cycle n'a duré que 91 jours.

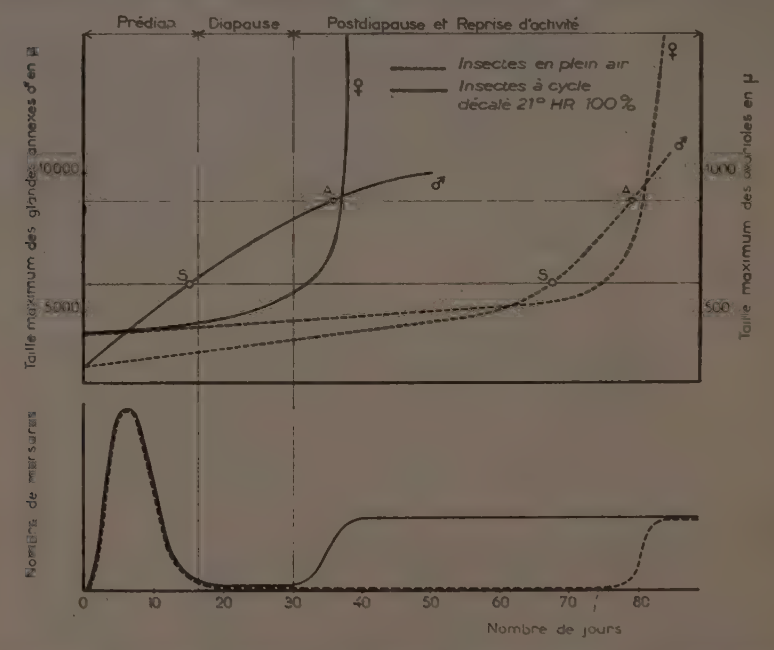



FIG. 43. — Accroissement des gonades et alimentation d'Insectes de plein air et d'Insectes à cycle décalé ; A : premier accouplement, S : apparition du liquide spermatique.

En 1951, des altises récoltées dès leur sortie de terre (5 juin) ont été mises dans des cylindres confectionnés avec de la mousseline et du rho-

doïd reposant sur le sol. Ces cylindres étaient placés à l'intérieur d'une grande cage grillagée afin que le vent ou la pluie ne les détériorent pas ; les Insectes étaient nourris avec de jeunes siliques changées tous les 2 ou 3 jours et le nombre des morsures était relevé. Les altises se trouvaient donc dans des conditions un peu différentes de la normale ; elles étaient dans un milieu moins chaud et beaucoup plus humide ; il n'y avait pas de chaumes où elles pouvaient se réfugier pour estiver et elles avaient constamment à leur disposition une nourriture fraîche. Ainsi qu'on peut le voir sur la courbe 1 du graphique n° 42, ces Insectes ont fait un grand nombre de morsures pendant les 20 premiers jours (correspondant à la phase d'alimentation) ; ils ont continué de s'alimenter pendant les mois de juillet et d'août. La reprise d'activité a été observée dès le 72e jour ; quelques œufs ont été pondus ce même jour mais la ponte n'a été régulière que le 76e jour ; les modifications des conditions écologiques mentionnées précédemment ont donc raccourci le cycle de 15 jours.

La courbe 2 indique les résultats obtenus par l'élevage des altises à 18° et à 100 p. 100 d'H.R. entre le 12 janvier et le 22 avril ; la ponte a été régulière dès le 45e jour.

L'examen comparatif de ces deux courbes permet de déterminer la durée des trois périodes de la diapause.

| | Alimentation | Phases immobilité ou activité ralentie | Reprise activité | Total |
|---|---|---|---|---|
| Plein air : 1950 | 20 | 87 | 7 | 112 |
| 1951 | 20 | 75 | 6 | 101 |
| Courbe 1 | 30 | 34 | 9 | 73 |
| 2 | 23 | 12 | 10 | 45 |

Nous voyons que la phase d'immobilité qui atteignait 75 à 87 jours dans les conditions naturelles a pu être abaissée à une période d'activité ralentie d'une durée de 34 à 12 jours par l'action conjuguée d'une température de 18° et d'une humidité relative de 100 p. 100 ; il n'a cependant pas été possible de supprimer cette phase de réduction de l'activité.

L'aspect général de la courbe rappelle assez bien celle de la consommation d'oxygène effectuée par les œufs de l'Acridien *Melanoplus differentialis* ; BODINE (1929) a signalé que la diapause embryonnaire est évitée si les œufs sont maintenus dès leur émission à une température de 25° ; dans ces conditions, la respiration est active au début puis décline brusquement pendant quelques jours et redevient intense par la suite.

Les Insectes élevés au laboratoire à une forte hygrométrie ne présentent pas de différences anatomiques sensibles avec les individus prélevés à l'extérieur ; au cours du mois d'août, il se produit un développement légèrement plus rapide des gonades femelles conduisant à une

ponte légèrement plus précoce. Par contre, nous avons trouvé des mâles présentant des glandes annexes d'une longueur de 9 000 à 10 000 μ 30 à à 35 jours après leur apparition mais il y a une très grande hétérogénéité. D'une façon générale, il n'y a pas de modification sensible des caractères anatomiques et physiologiques, sauf en ce qui concerne le développement des glandes annexes mâles.

2° *Insectes à cycle décalé.* — Durant la phase d'alimentation et d'arrêt d'alimentation, c'est-à-dire jusqu'à 30 à 40 jours après l'apparition des adultes, la croissance des gonades femelles est identique à celle qui est observée en plein air et les autres caractères ne sont pas modifiés. Mais parallèlement à la reprise de l'alimentation, on note dès cette date une disparition rapide des réserves adipeuses, une excrétion intense et une accélération du développement des gonades jusqu'à la ponte qui, dans certains cas, commence dès le 38e jour ( à 22°).

Pour les mâles élevés à 22°, les glandes annexes atteignent 5 000 μ et l'on note les premières traces de liquide spermatique dès le 15e jour. Elles atteignent 9 000 μ et sont complètement pleines vers le 38e-40e jour ; on note d'ailleurs à cette date les premièrs accouplements.

Il faut remarquer qu'il existe aussi bien dans le développement des gonades mâles que dans celui des gonades femelles une assez grande hétérogénéité ; au 30e jour par exemple, la longueur des glandes annexes mâles peut varier de 5 700 μ à 7 500 μ et au 51e jour, elle oscille entre 5 700 à 9 000 μ.

Ces diverses observations confirment l'existence d'une diapause mais le décalage du cycle permet d'éliminer complètement la post-diapause.

La comparaison des lignées élevées à 14 et 21° montre que la température agit surtout sur la maturation des gonades (fig. 44) ; jusqu'au 40e jour le développement des organes génitaux femelles ne subit pas d'écart significatif. Le développement des gonades mâles et l'adipogénèse sont légèrement accélérés par les hautes températures.

Nous avons vu que la qualité de l'alimentation modifie notablement la date du début de la ponte : jusqu'au 40e jour on n'observe pas de différence dans le développement des gonades mais à partir de cette date, l'accroissement des gonades continue à être lent et la vitellogénèse puis la ponte se produisent avec des écarts de 8 à 15 jours suivant les lots.

4° Conclusions. — L'estivation de l'Altise du Colza correspond à une diapause imaginale avec ses trois phases nettement caractérisées. La prédiapause et la diapause proprement dite ont une durée totale sensiblement constante (30 à 40 jours) indépendante des facteurs externes ; leur durée relative peut être modifiée par la température et l'hygrométrie ; elles correspondent à un accroissement très faible des gonades femelles sans ovogénèse.

La durée de la post-diapause peut varier de 0 à 70 jours suivant la nature des facteurs écologiques, les conditions les plus favorables étant une température de 18-20° et une humidité relative de 100 p. 100 ; une forte hygrométrie est nécessaire pour qu'il se produise une inversion des tropismes et une reprise de l'alimentation.

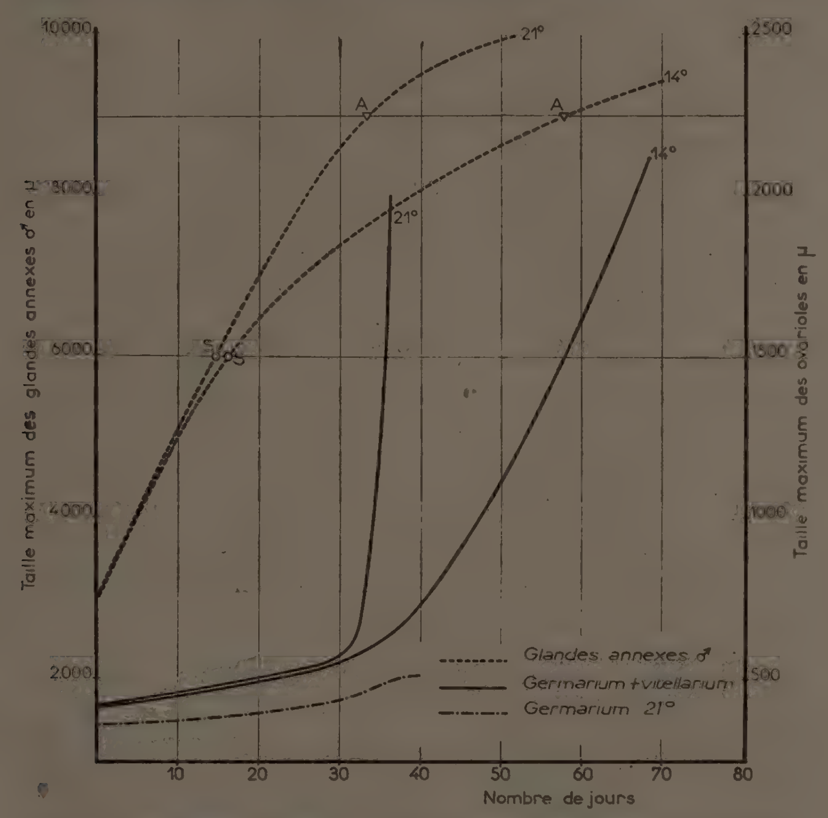



FIG. 44. — Accroissement des gonades à différentes températures. (Insectes à cycle décalé.) A : premier accouplement, S : apparition du liquide spermatique.

Diverses expériences relatives à l'influence du photopériodisme ne nous ont pas donné de résultats significatifs.

L'état physiologique de la nourriture paraît jouer un rôle important. Durant les mois de juin à août, les feuilles de Colza, même celles qui ont été semées tardivement, et qui sont distribuées aux altises au moment de la reprise de l'activité entraînent une ponte plus tardive que les feuilles récoltées à la fin de l'automne et qui sont données à des Insectes placés dans des conditions de milieu identiques. Les gonades mâles et femelles présentent une sensibilité très différente aux facteurs

écologiques ; la maturité des gonades mâles est faiblement influencée par l'alimentation.

La durée de l'estivation est ainsi dans une assez large mesure indépendante de la date d'apparition des adultes ; les écarts qui ont lieu au moment de la sortie d'Insectes placés dans des conditions microclimatiques similaires sont notablement réduits au moment de la reprise de l'activité (30 à 40 jours contre 10).

Il en est de même pour les altises se trouvant en deux régions présentant des différences climatiques marquées telles que les environs de Moissy-Cramayel et de Dreux.

Dans la région parisienne, la reprise d'activité ne peut guère se manifester avant la dernière décade d'août ; s'il survient durant cette période un temps frais et humide, la reprise d'activité sera précoce et homogène ; celle-ci sera au contraire retardée par temps chaud et sec.

## IV. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA PONTE

Nous avons indiqué, au chapitre précédent, les fluctuations de la ponte à l'automne et au printemps chez les Insectes observés en plein air ; en général, près de 90 p. 100 de la ponte totale est faite à l'automne. L'alimentation, la température, l'humidité, conditionnent pour une large part l'émission des œufs ; cependant, on observe des arrêts de la ponte ou des anomalies dans le fonctionnement des ovarioles lorsque les altises sont placées dans des conditions de milieu normalement favorables à la ponte ; ces faits laissent supposer que des facteurs internes interviennent également.

Nous avons donc été conduits à étudier la ponte d'une façon plus précise afin de déterminer la part de ces divers facteurs et les interrelations qui pouvaient exister entre les facteurs internes et externes. Les observations mentionnées au chapitre III nous ayant permis de préciser les conditions de milieu optima pour la ponte, nous nous sommes efforcés de déterminer le rythme de ponte des Insectes placés dans ces conditions ; ce point étant acquis nous avons étudié expérimentalement l'action des facteurs externes (température, humidité, alimentation) sur la ponte.

### A. — Étude du rythme de ponte — Causes anatomiques

Cette étude ne pouvait être entreprise qu'après la mise au point de dispositifs d'élevage créant des conditions de milieu voisines de l'optimum et permettant d'effectuer un contrôle précis et facile de la ponte ; elle exigeait d'autre part l'étude du développement des ovocytes et de l'émission des œufs dans des conditions de milieu déterminées afin de

pouvoir préciser l'influence des divers facteurs écologiques expérimentés.

Nous avons utilisé deux dispositifs d'élevage suivant que nous voulions opérer à une hygrométrie importante ou faible. Dans le premier cas, les Insectes étaient placés dans de petits sachets de mousseline de 10 × 5 cm déposés sur une feuille de papier filtre imbibé d'eau ; les œufs étaient déposés pour la plupart au travers des mailles de la mousseline sur le papier où il était facile de les dénombrer et de les récolter. Des essais comparatifs avec des femelles isolées dans ces sachets ou placées sur de la terre fraîche ont montré que ce dispositif n'apportait aucune perturbation à la ponte.

Pour les études sous une faible hygrométrie, les Insectes étaient placés dans de petites cages coniques en rhodoïd obturées à la partie supérieure par de la mousseline et fermées par un bouchon à la partie inférieure. Le pétiole de la feuille de Colza passait par un trou pratiqué dans le bouchon et obturé avec du papier filtre humecté et plongeait dans une ventouse remplie d'eau. Les pontes étaient récoltées sur le papier filtre et parfois dans les interstices du bouchon.

## Etude de la ponte sous des conditions de milieu constantes

En 1951, nous avons élevé dans des sachets plusieurs dizaines de femelles fécondées à une température moyenne de 16°, sous une hygrométrie saturée et un éclairement artificiel fourni par des lampes fluorescentes pendant 9 h 30 par jour ; elles étaient nourries avec de jeunes feuilles de Colza (var. Lembke) d'une longueur de 2 à 3 cm.

D'une façon générale, la ponte a présenté à cette température une « phase préliminaire », d'une durée de 10 à 20 jours suivant les individus, où l'émission des œufs se faisait d'une façon assez sporadique, suivie d'une phase de ponte « continue » où les œufs, produits d'une façon très régulière, donnaient une courbe cumulative presque rectiligne.

Nous avons effectué en 1952 des numérations journalières de ponte sur des élevages isolés ; nous avons constaté, dans la plupart des cas, que la ponte se faisait en paquets de 12 à 20 œufs (en 24 h au plus) suivie d'un nombre sensiblement constant de jours où il n'y avait pas d'émission d'œufs. Ces deux observations nous ont conduit à supposer qu'il existait un rythme dans la production des œufs au cours de la période normale de ponte.

Nous avons étudié le développement des ovocytes et l'émission des œufs sur des Insectes récoltés en plein air et placés dans les conditions mentionnées précédemment.

Le nombre des ovarioles est identique dans les deux ovaires mais il peut varier d'une façon importante d'un individu à l'autre.

| Nombre d'ovarioles par ovaire | Pourcentage de femelles |
|---|---|
| 6 | 8 |
| 7 | 48 |
| 8 | 28 |
| 9 | 12 |
| 10 | 4 |

Près de la moitié des femelles possèdent 7 ovarioles par ovaire mais la moyenne se situe entre 7 et 8 ovarioles par ovaire.

La longueur du germarium varie de 0,54 à 0,6 mm, celle du vitellarium de 1-1,4 mm à 1,6-2,0 mm, exceptionnellement 2,4 mm ; on distingue deux parties dans ce dernier : la portion antérieure, cylindrique, contenant 4 à 5 ovocytes hyalins en voie de différenciation, longs de 0,3 à 0,6 mm suivie d'une zone renfermant des follicules de taille et de

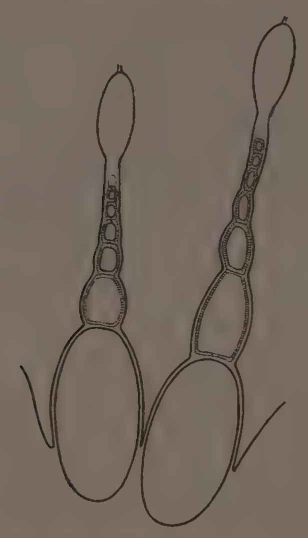


FIG. 45. — Ovariole d'une femelle élevée dans les conditions optima.

coloration croissantes (fig. 45) ; afin de faciliter l'explication du déroulement de l'ovogénèse, nous les avons numérotés à partir du calice :

| — | Longueur | Forme | Couleur |
|---|---|---|---|
| 1 .......... | 0,42 à 0,90 mm | éllipsoïde allongé | jaune orangé |
| 2 .......... | 0,21 à 0,45 | ellipsoïde | jaune d'or |
| 3 .......... | 0,17 à 0,24 | sphérique | jaune pâle |
| 4 .......... | 0,12 à 0,17 | sphérique | blanc |
| 5-6-7-8-9 .... | 0,9 à 0,12 | cubique | hyalin |

Dans l'ovaire, les follicules, comprimés les uns sur les autres, ont des contours plus ou moins cubiques ou parallélipipédiques ; les mensu-

rations indiquées précédemment ont été faites sur des ovarioles légèrement étirés ce qui a permis aux follicules de prendre sensiblement leur forme normale. La taille du calice ovarien est extrêmement variable suivant que l'œuf est engagé ou non.

La dissection d'un grand nombre de femelles nous a permis de constater qu'un certain nombre d'organes présentent des caractéristiques sensiblement constantes :

— la longueur de l'ovariole : quelles que soient les femelles, elle oscille entre deux limites correspondant à la taille du premier ovocyte ; la longueur minimum correspond au moment faisant immédiatement suite à l'émission de l'ovocyte dans le calice, la longueur maximum au moment précédant ce phénomène.

— le nombre et la taille des ovocytes : le nombre des ovocytes varie de 7 à 10 dont 4 ou 5 individualisés ; la taille de l'ovocyte d'un numéro d'ordre donné oscille entre des limites précises. L'individualisation des follicules commence toujours quand l'ovocyte atteint sensiblement 0,30 mm, la pigmentation due à la vitellogénèse lorsque la longueur est de 0,20 mm.

Cette régularité dans les phénomènes anatomiques et biologiques nous prouve que les ovocytes s'accroissent et descendent de façon régulière, comparable à ce qu'a signalé JOLY chez le Dytique. Le temps nécessaire au passage d'un ovocyte d'un numéro d'ordre au suivant est constant (pour une température donnée) et chaque ovocyte retrace les étapes de la croissance des ovocytes qui le précèdent.

En portant en ordonnées la longueur maximum trouvée pour chaque ovocyte et en abscisses le numéro d'ordre, on obtient la courbe approximative de croissance de l'ovocyte I (fig. 46) ; une plus grande précision est obtenue en intercalant les tailles intermédiaires obtenues par les mensurations de divers ovocytes en prenant pour base l'ovocyte II dont le contour est suffisamment net pour obtenir un bon étalement des points. Les mensurations de l'ovocyte I sembleraient donner une courbe plus précise mais le dépôt du chorion pourrait modifier la régularité de l'accroissement de cet ovocyte.

On constate que les écarts des points obtenus par les mensurations réalisées sur divers Insectes sont relativement faibles et que la courbe d'accroissement est pratiquement la même pour tous les Insectes ; cette courbe a une allure sensiblement exponentielle mais ne peut se rapprocher d'aucune expression simple.

La distribution des points pour l'ovocyte I semble prouver que l'accroissement n'a lieu que pendant une partie du stade ; elle doit se ralentir notablement et même s'arrêter vraisemblablement au moment de la formation du chorion.

Tous les ovarioles d'un même ovaire s'accroissent de façon iden-

tique et les œufs sont émis presque synchroniquement par tous les ovarioles. Cette émission semble être très rapide ; sur une centaine de dissections il n'a pu être observé que cinq fois des œufs engagés dans le calice et il n'a été noté qu'une fois deux œufs parfaitement constitués dans l'ovariole alors que les six autres se trouvaient déjà dans l'oviducte.

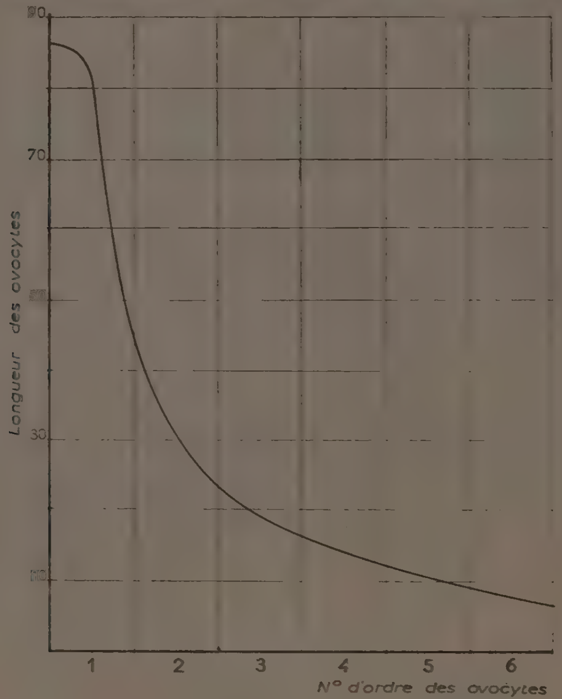



FIG. 46. — Courbe de croissance des ovocytes.

Il arrive cependant qu'il y ait une légère différence de taille entre les ovocytes de l'un et de l'autre ovaires ce qui laisse supposer un léger décalage dans le développement des deux ovaires ; un cas extrême est fourni par l'exemple suivant :

| N° d'ordre des ovocytes | Ovaire gauche | Ovaire droit |
|---|---|---|
| 1 | 0,72-0,66-0,72-0,72-0,66 | 0,87-0,90-0,87-0,87-0,90 |
| 2 | 0,30-0,27-0,27-0,30-0,30 | 0,40-0,45-0,42-0,42-0,40 |
| 3 | 0,21-0,21-0,18-0,21-0,18 | 0,18-0,21-0,22-0,21-0,18 |

Ces légères différences dans les dimensions sont confirmées par diverses observations ; les œufs d'un des ovaires d'une femelle étaient en totalité dans l'oviducte alors qu'ils étaient encore engagés dans le calice de l'autre.

Aussitôt après leur émission, les œufs ont une placentation sensiblement parallèle et sont disposés, comme les ovarioles, en quinconce sur

deux rangs. Par suite de la forme tronconique de l'oviducte et du péristaltisme, les œufs glissent les uns sur les autres et se superposent de façon assez irrégulière. Il n'est pas rare de voir un oviducte ayant des œufs placés parallèlement et d'autres superposés sans ordre ce qui prouve un

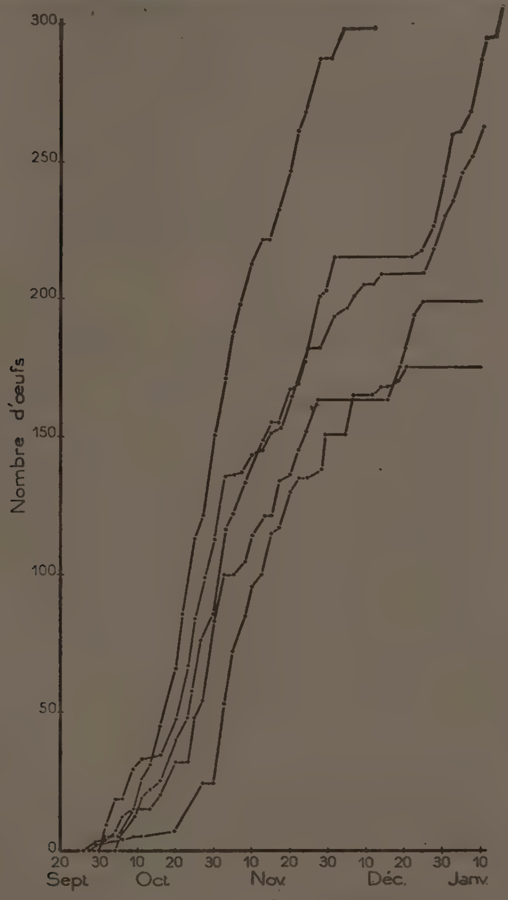



FIG. 47. — Courbes cumulatives des pontes de femelles élevées isolément à la température de 16° (1951-1952).

léger décalage lors de l'envoi des œufs dans le calice. Enfin, la ponte elle-même est décalée dans les deux oviductes mais celle-ci ne se déclenche que lorsque tous les œufs de même ordre ont été émis par les ovarioles ; les œufs émis en premier s'engagent d'abord dans l'oviducte, ceux de l'autre oviducte n'étant expulsés qu'ultérieurement.

Dans les conditions expérimentales mentionnées au début de ce chapitre nous n'avons jamais observé l'accumulation d'un nombre

d'œufs supérieur à celui des ovarioles, ce qui revient à dire que toute la ponte est émise avant qu'il y ait production d'une nouvelle série d'œufs. Il existe donc un rythme régulier pour l'expulsion des œufs dans l'oviducte connu pour la ponte. Les œufs sont rassemblés dans les oviductes en paquets de 12 à 20 puis sont émis à l'extérieur en 24 h au plus et, dans les conditions où nous avons opéré, une nouvelle ponte n'a lieu que 24 h au moins après la fin de la ponte précédente.

Il existe des variations individuelles assez importantes qui se traduisent par des différences dans la pente des courbes cumulatives ; une des causes réside dans le nombre des ovarioles ce qui peut se traduire par des différences de 40 p. 100 dans le nombre des œufs (fig. 47). Il y a également, pour une même femelle, des différences dans le nombre des œufs émis à chaque ponte ; cela est du à une dégénérescence partielle de quelques ovocytes I.

## B. — Influence de la température

Ces recherches ont été effectuées sur des Insectes récoltés à Versailles le 12 octobre 1952 et élevés jusqu'au 15 octobre à la température de 18° afin d'avoir la certitude à peu près complète d'opérer sur des altises fécondées et parvenues à complète maturité sexuelle. Ces Insectes ont été répartis en plusieurs lots élevés sous une hygrométrie relative de 100 p. 100 et à différentes températures constantes avec le dispositif décrit précédemment. Chaque lot comprenait 10 femelles élevées isolément pour les températures de 2 à 18°5 et 20 pour les températures de 20 à 28° ; il y avait en outre pour chaque température un lot de 20 femelles qui ont été disséquées au cours de l'essai afin d'observer les modifications anatomiques.

### 1° Etude de la ponte.

*Température-seuil de ponte, fécondité et durée de la ponte.* — La ponte ne s'est produite qu'aux températures comprises entre 2 et 28°.

| Température | Fécondité | Date de fin de ponte (1) | Durée de ponte | Longévité |
|---|---|---|---|---|
| 28 | 12 | | 2 | 4 |
| 24 | 32 | 14/11 | 5,4 | 10 |
| 20 | 60 | 8/12 | 11,1 | 36,8 |
| 18,5 | 130 | 31/12 | 22,2 | 47,1 |
| 16 | 173 | 27/2 | 45,8 | 72,8 |
| 12 | 266 | 6/5 | 110,1 | 166,2 |
| 8 | 271,5 | 12/8 | 177,4 | 194,9 |
| 4 | 141 (2) | | 247,6 (2) | 260,4 (2) |
| 2 | 14 | | | 270 (3) |

(1) Il n'a pas été tenu compte de quelques cas particuliers que nous indiquons p. 447.
(2) Résultats partiels, l'expérience ayant été accidentellement arrêtée au début du mois d'août ; l'examen de la courbe de ponte permet de supposer que la prolificité est voisine de celle qui a été relevée aux températures de 8 et 12°.
(3) Expérience accidentellement arrêtée.

La fécondité maximum est obtenue à la température de 8° avec une faible variation entre 4 et 12° (fig. 48) ; la dénomination de « kaltbrüter » (couveur au froid) donné par les auteurs allemands à cet Insecte est encore plus valable qu'ils ne le supposaient puisqu'ils estimaient que l'arrêt de la ponte se produisait à 7-8°.

La ponte peut se poursuivre à des températures élevées mais il y a, à partir de 16°, une baisse anormale de la fécondité et de la longévité.

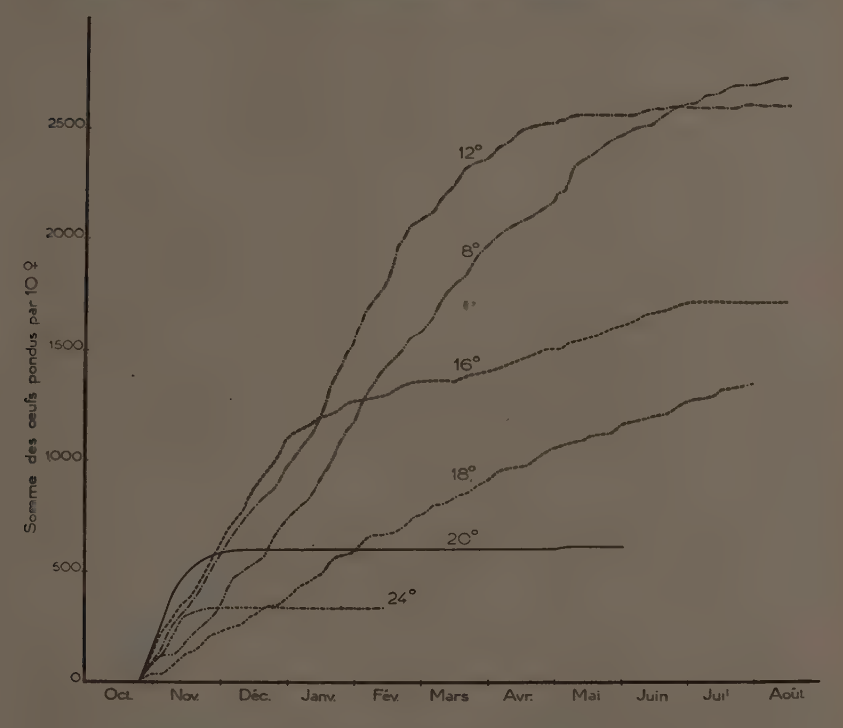



Fig. 48. — Courbes cumulatives moyennes des pontes de 10 femelles élevées isolément aux températures constantes de 8, 12, 16, 18, 20 et 24°.

Le seuil thermique est voisin de 2° ; à cette température, certains individus pondent (mais la fécondité est très faible) alors que d'autres n'émettent pas un seul œuf ; la ponte est régulière et importante à 4°.

Ces résultats nous permettent de distinguer trois zones de températures en ce qui concerne la ponte :

— les températures moyennes (4-12°) où l'on observe la fécondité maximum ;

— les températures élevées (14-28°) entraînant une diminution notable de la fécondité et de la longévité ;

— les températures basses (égales ou inférieures à 2°) occasionnant l'arrêt de la ponte.

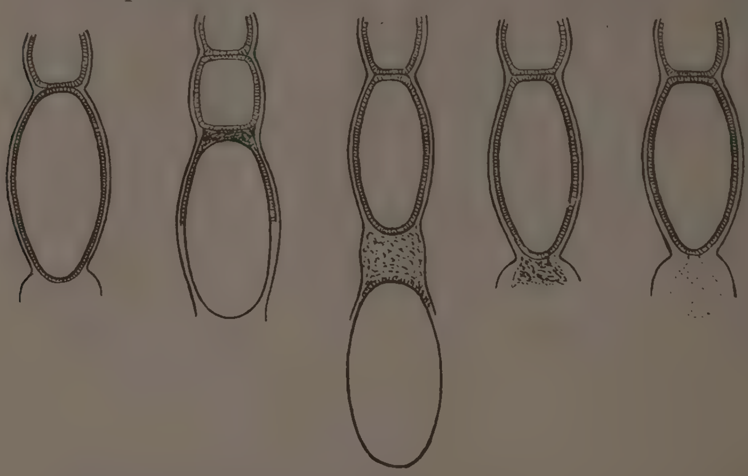


FIG. 49. — Mécanisme de l'expulsion de l'œuf de l'ovariole dans le calice.

Aux températures moyennes, la ponte présente certaines particularités : 0 à 20 p. 100 des individus meurent sans pondre un seul œuf ; Des dissections montrent que ces femelles présentent une désorganisation des derniers ovocytes (fig. 50) ; il semble que ces Insectes ne soient

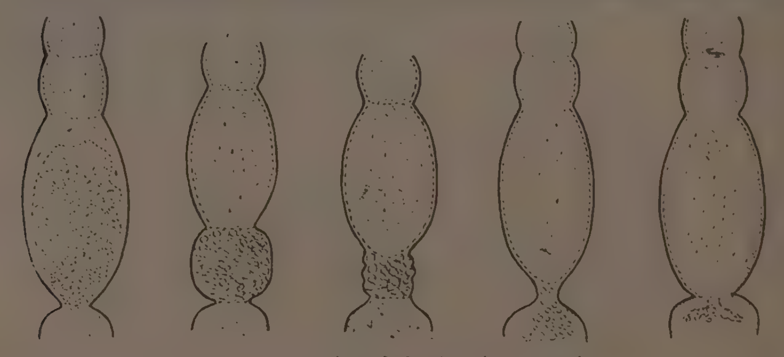


FIG. 50. — Mécanisme de la régression ovocytaire.

physiologiquement pas encore adaptés à la ponte. Des altises récoltées à Versailles dans le même champ le 15 octobre 1952 et le 27 novembre 1952 ont été élevées dans les mêmes conditions :

| | Fécondité moyenne | Stérilité | Moyenne des écarts de ponte | Moyenne des $\frac{\text{écarts}}{\text{Fécondité}}$ |
|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | |
| Altises récoltées le 15 octobre.. | 111 œufs | 19 p. 100 | ± 140 | 1,26 |
| — 27 novembre. | 265 | 0 | ± 67 | 0,25 |

Bien que les insectes récoltés le 27 novembre aient déjà pondu en plein champ, la fécondité moyenne est donc beaucoup plus forte que celle des altises récoltées 43 jours plus tôt. La courbe cumulative de la ponte est sensiblement rectiligne pour chacune des femelles ; la pente de cette courbe est plus ou moins accentuée suivant le nombre d'ovarioles de chaque Insecte mais elle est à peu près la même pour tous les Insectes si l'on détermine la fécondité par ovariole. Il est à remarquer cependant qu'à partir de 12°, certaines femelles peuvent présenter un ralentissement ou même un arrêt temporaire de la ponte ; nous étudierons p. 445 les causes de ces anomalies.

La fécondité peut être très importante aux températures relativement basses ; à 8°, nous avons obtenu des pontes de 370, 385, 388, 422 et 433 œufs, à 12°, 310, 368, 460, 483 et 500 œufs. Les pontes se terminent sensiblement à la même date pour toutes les femelles d'un même lot ; à leur mort, ces femelles âgées ne possèdent plus un seul œuf. La fécondité moyenne journalière varie assez fortement avec la température ; elle est de 0,6 œuf à 4°, 1,5 à 8°, 2,3 à 12° et 3,8 à 16°.

Aux températures égales ou supérieures à 16°, la ponte diffère notablement du cas précédent ; on constate tout d'abord une augmentation croissante des cas de stérilité et de mortalité précoces ; un nombre de femelles d'autant plus important que la température est plus forte ne pondent pas du tout ou n'émettent que quelques œufs isolés et meurent précocement.

| | Pourcentage des femelles pondant | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Température | 0 œuf | 0-20 œufs | 20-50 œufs | 50-150 œufs | plus de 150 œufs |
| 8° | 20 | | | | 80 |
| 12° | 15 | 5 | | 10 | 70 |
| 16° | 20 | 10 | 20 | 20 | 30 |
| 20° | 35 | 20 | 15 | 25 | 10 |
| 24° | 60 | 20 | 5 | 10 | 5 |

Un certain nombre de femelles donnent quelques œufs de façon irrégulière ou passagère puis restent stériles jusqu'à leur mort, celle-ci se produisant parfois plusieurs semaines après l'émission du dernier œuf.

La ponte des altises d'une fécondité supérieure à 20 œufs est assez régulière mais présente souvent des arrêts temporaires, notamment à 16° ; à cette température, 3 femelles sur les 10 du lot ont pu émettre la totalité de leur ponte (417, 440 et 528 œufs) en 70 à 250 jours. A 20° une seule femelle sur 20 fit preuve d'une grande fécondité (469 œufs) ; les pontes des autres femelles furent de brève durée et présentèrent tous les intermédiaires entre la stérilité précoce et la ponte régulière. Aux températures de 20 à 24° il est exceptionnel qu'il se produise des arrêts temporaires de ponte ; les femelles stériles ou peu fécondes meurent

très tôt et la durée de la ponte des femelles prolifiques est d'autant plus courte que la température est plus élevée.

A 24°, aucun individu ne put pondre la totalité de ses œufs; la fécondité maximum fut de 377 œufs et la longévité maximum de 125 jours.

A 28°, les femelles émettent rarement plus d'une ponte correspondant aux œufs parvenus à maturité avant leur transfert à cette température ; elles meurent généralement en 24 à 48 h ; leur résistance à la chaleur est notablement inférieure à celle qu'elles présentent en période estivale.

| Température | Longévité moyenne durant l'estivation | Longévité moyenne durant la ponte |
|---|---|---|
| 24° | 33 p. cent de mortalité au 70e jour | 10 jours |
| 28° | 50 p. cent — | 4 — |
| 32° | 17 jours | 1 — |

Aux températures voisines du seuil thermique, la diminution de la fécondité ne se produit pas du tout de la même façon qu'aux hautes températures. A 4°, la ponte a été absolument régulière pour tous les individus pendant près de 300 jours. Au cours des 2 à 16 jours qui ont suivi l'introduction des Insectes (préalablement soumis à une température de 18°) dans la chambre à 2°, il fut observé la ponte des œufs qui étaient parvenus à maturité avant le transfert. Dans la plupart des cas, il y eut une seconde ponte 36 à 44 jours plus tard et aucune ponte durant les 200 jours suivants ; ces Insectes placés à 18° commencèrent à pondre le 3e ou le 4e jour, ce qui laisse supposer qu'il s'était produit durant ce long séjour à 2° une régression ovocytaire assez marquée. La longévité des femelles n'est nullement affectée par cette température ; elle est au moins aussi grande qu'à 4°, bien que l'alimentation soit pratiquement nulle.

A 0°, une femelle conserve des œufs mûrs dans les oviductes pendant un mois et demi ; placés à 16-18°, ces œufs se sont développés normalement.

La longévité décroît rapidement aux températures inférieures au seuil ; 50 p. 100 des femelles sont mortes après un séjour d'un mois et demi à 0° ; à —5°, la mortalité a été de 80 p. 100 le 8e jour.

### 2° Rythme de ponte

Le rythme de ponte que nous avons mentionné précédemment s'observe à toutes les températures, mais avec des modalités variées. Il se traduit par l'émission d'un paquet d'œufs dont le nombre sensiblement constant dépend de celui des ovarioles. La présence de femelles peu prolifiques rend parfois ce rythme difficilement perceptible dans les élevages d'Insectes en groupe ; il se manifeste par contre, avec une constance et une régularité remarquables, jusqu'à la cessation de la ponte.

chez les femelles très fécondes placées à des températures de 4 à 12°. C'est ainsi que le nombre de pontes des femelles ayant vécu plus d'un mois ont été les suivants :

— à 4°, (9 femelles survivantes) 11, 10, 15, 14, 12, 14, 12, 10 (durée moyenne de la ponte : 250 jours) :

— à 8°, (7 femelles survivantes) 20, 20, 27, 23, 24, 18, 23 (durée moyenne de la ponte : 185 jours).

Pour les femelles fécondes, les nombres maxima de pontes oscillent entre 25 et 44.

20° : 469 œufs en 37 pontes,

16° : 528 œufs en 44 pontes, 459 en 38 pontes, 417 en 35 pontes,

12° : 500 œufs en 39 pontes, 482 en 39 pontes, 449 en 35 pontes,

8° : 422 œufs en 36 pontes, 433 en 34 pontes.

Pour une température donnée, comprise entre 4 et 12°, les variations individuelles du rythme de ponte sont extrêmement faibles.

Aux températures supérieures à 12° (et même à 12° pour quelques individus), la faible fécondité d'une certaine proportion de femelles n'est pas due à une modification régulière de ce rythme mais à des anomalies de l'ovogénèse. Les pontes maxima caractérisent les femelles qui conservent au cours de la période de ponte un rythme normal et régulier, c'est-à-dire physiologiquement capables d'émettre normalement tous les ovocytes produits par le germarium.

Une étude précise de l'action de la température sur le rythme de la ponte ne pourra donc être faite que sur des femelles prolifiques, c'est-à-dire ayant initialement un rythme de ponte régulier. Ces observations sont facilitées du fait que la durée de l'émission des œufs excède rarement 48 h, même aux températures les plus basses.

Dans ces conditions, on s'aperçoit que les différences de fécondité sont liées à la durée de l'intervalle séparant deux pontes, cet intervalle pouvant varier de 24 h à un temps considérable suivant la température : une ponte par jour à 20°, une ponte tous les 2 jours à 16°, une ponte tous les 4 à 5 jours à 12°, une ponte tous les 8 à 10 jours à 8°, une ponte tous les 16 à 24 jours à 4°. Le rythme varie donc sensiblement de façon exponentielle par rapport à la température. A 24°, le rythme de ponte ne parvient pas à se maintenir, même exceptionnellement, jusqu'à l'émission totale des œufs ; il disparaît à une température inférieure à 4° puisque nous n'avons pu obtenir qu'une ponte en 36 à 40 jours à 2° ; nous verrons ultérieurement qu'il se produit d'importantes modifications ovocytaires.

### 3° Action de la température sur la croissance des ovocytes

*Températures moyennes.* — Si l'on examine des femelles pondant de façon régulière et placées à des températures donnant des courbes de

ponte semi-rectilignes on constate qu'il existe chez tous les individus le même nombre d'ovocytes dans le vitellarium, que la taille, la forme et la pigmentation sont sensiblement identiques et qu'il ne se produit aucune désorganisation généralisée des derniers ovocytes ; le ralentissement du rythme de ponte est donc lié à un ralentissement de la croissance des ovocytes. On observe cependant, de temps à autre, une dégénérescence de quelques ovocytes isolés, ce qui explique les fluctuations du nombre d'œufs émis à chaque ponte que nous avons signalées précédemment.

Chez les femelles ayant une faible fécondité, les dégénérescences de l'ovocyte I sont plus fréquentes mais le reste de l'ovariole a un aspect normal ; il semble qu'il y ait chez ces femelles un équilibre incomplet entre le soma et la maturation des ovocytes. En se référant aux conclusions du travail de JOLY (1945) sur les Dytiscides, selon lesquelles l'hormone sexuelle prolongerait la vie des ovocytes tandis que l'hormone juvénile ou de mue aurait une action mitotique, on peut expliquer cette anomalie par une déficience des *corpora allata*.

*Températures élevées ou basses.* — La diminution de la fécondité, que l'on observe aux températures élevées, est due à une augmentation des désorganisations ovocytaires qui se produisent sensiblement suivant le même processus que chez les femelles à faible fécondité élevées à des températures moyennes. Nous avons vu que les femelles placées dans une chambre à 2° pondaient en général (6 femelles sur 10) 36 à 45 jours plus tard mais ne donnaient pas de seconde ponte (à l'exception d'une femelle qui donna une seconde ponte partielle (8 œufs le 56e jour). Les premiers ovocytes des femelles disséquées 50 jours après leur unique ponte étaient en voie de désorganisation et les contours des ovocytes suivants étaient mal différenciés ; les ovarioles présentaient le même aspect 100 jours après la ponte. Les femelles survivantes furent alors élevées à 18° et commencèrent à pondre d'une façon régulière 3 à 4 jours plus tard ; étant donné qu'à cette température il est émis une ponte par jour, on peut en conclure qu'un séjour d'une centaine de jours à 2° après la dernière ponte a entraîné seulement la désorganisation de l'ovocyte I ou des ovocytes I et II.

Les désorganisations ovocytaires sont encore plus poussées chez les Insectes soumis à des températures inférieures à 2°. Après un séjour de 15 jours à 0°, on constatait une malformation des premiers ovocytes (fig. 51) ; la longueur de ceux-ci était anormalement faible (300-330 μ), leurs contours étaient mal différenciés et ils étaient faiblement colorés ; les œufs se trouvant dans les oviductes étaient par contre intacts. Le 30e jour, les ovocytes I étaient pour la plupart complètement désorganisés et aplatis ; une femelle n'avait plus qu'un ovocyte en vitellogénèse de forme carrée, tassé sur lui-même et à peine plus gros que le suivant.

Des femelles ayant séjourné 40 jours (du 28 novembre au 7 janvier) à 0° et placées dans une étuve à 18° ont commencé à pondre d'une façon régulière 3 à 4 jours plus tard ce qui prouve que seuls l'ovocyte I ou les ovocytes I et II ont souffert de ce long séjour à 0°. A —5° les ovocytes I sont altérés dès le 8e jour et la mortalité est de l'ordre de 80 p. 100.

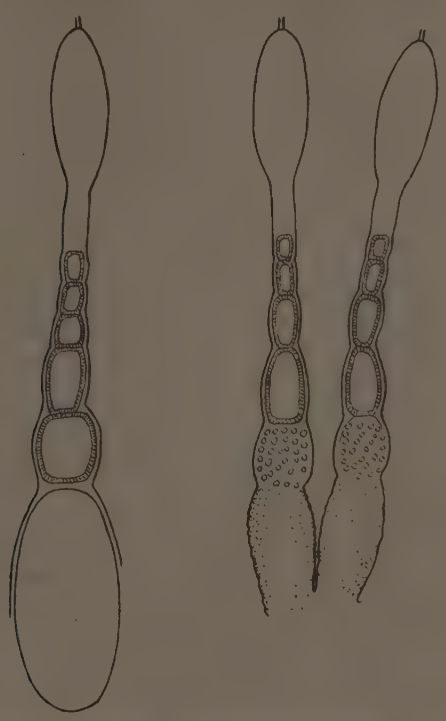


FIG. 51. — Action d'une température de 0° sur les ovocytes ; à gauche, ovariole d'une femelle ayant des œufs mûrs au moment de son transfert à 0°, et élevée à cette température pendant 15 jours ; à droite, ovarioles d'une femelle élevée à 0° pendant 30 jours.

Les observations précédentes montrent qu'il peut être distingué trois zones thermiques en ce qui concerne la ponte. Aux températures moyennes (4-12°) les Insectes arrivent à émettre la totalité de leurs ovocytes avant de mourir. L'action de la température se manifeste d'abord sur le rythme de ponte qui est notablement accéléré par suite de l'augmentation parallèle de la vitesse d'accroissement et du rythme d'émission des ovocytes ; l'élévation de la température diminue la longévité. Il existe des différences importantes dans la fécondité moyenne des individus ; cela paraît dû à une hétérogénéité d'ordre anatomique (nombre des ovarioles) et physiologique, cette dernière se traduisant en période normale de ponte par des désorganisations ovocytaires. Toutes

les femelles semblent posséder, par ovariole, le même nombre d'ovocytes en puissance mais une certaine proportion d'entre elles sont seules capables d'amener régulièrement ces ovocytes à maturation ; ces femelles fécondes représentent la condition physiologique normale.

Aux températures élevées, ce phénomène s'accentue et se généralise (même chez les femelles les plus fécondes) corrélativement à une augmentation considérable de la mortalité précoce et de la stérilité.

Aux températures basses, l'arrêt de la ponte n'est pas attribuable seulement à un ralentissement du rythme de ponte. A partir d'une température égale ou inférieure à 2°, il se produit des phénomènes de désorganisation ovocytaire d'autant plus accentués que la température est plus basse mais les œufs parvenus dans les oviductes conservent leur vitalité.

### C. — Influence de l'humidité

Des femelles récoltées en plein air le 11 septembre 1950 furent élevées dans des cagettes coniques à une température de 18-20° ; l'humidité relative dans les cages était de 60 à 70 p. 100 ; le 7 décembre, elles furent placées dans des boîtes de Pétri renfermant de la terre humidifiée. La ponte moyenne mensuelle par femelle fut de 23 œufs à l'H. R. de 60-70 p. 100 (du 11 septembre au 10 octobre) et de 98 œufs dans les boîtes de Pétri où l'H.R. était de 100 p. 100.

Ce résultat nous incita à reprendre ces expériences sur des lots d'Insectes de même origine, placés dans des boîtes de Pétri contenant, les unes une terre légèrement sèche (H.R. 60-70 p. 100), les autres une terre humide (H.R. 100 p. 100) ; les boîtes des deux lots étaient disposées côte à côte dans un local où la température était de 18-20° et les altises recevaient une nourriture identique ; l'expérience fut réalisée en deux séries avec des altises récoltées à l'extérieur le 30 novembre et laissées en plein air jusqu'au 5 décembre pour la première série et jusqu'au 24 décembre pour la seconde.

Les pontes moyennes par femelle furent les suivantes :

| | H. R. 60-70p. 100 | H. R. 100 p. 100 |
|---|---|---|
| 1re série — ponte du 5 décembre au 12 février ....... | 2,4 | 68,8 |
| 2e série — ponte du 25 décembre au 12 février ....... | 4,8 | 53.4 |

A l'humidité relative de 60-70 p. 100 la ponte a donc été considérablement plus faible et la mortalité des adultes beaucoup plus forte qu'à l'H.R. de 100 p. 100.

Nous avons repris ces expériences en nous efforçant d'opérer dans des conditions plus précises et notamment :

— de donner, quelle que soit l'hygrométrie du milieu une nourriture sensiblement identique, soit en changeant fréquemment celle-ci

avant qu'elle ne commence à se déshydrater, soit en faisant tremper le pétiole des feuilles dans de l'eau ;

— de disjoindre l'action possible de l'eau de contact du substrat humide et l'hygrométrie de l'air ;

— d'opérer sous différentes humidités relatives.

Il a été utilisé de grands cylindres en rhodoïd fermés aux deux extrémités par des bouchons avec un plancher en bois contreplaqué disposé suivant le diamètre du cylindre ; plusieurs épaisseurs de papier-filtre étaient disposées sur le contreplaqué et assez fortement humidifiées.

Les femelles fécondées étaient placées isolément dans des sachets en mousseline répartis sur le papier filtre. Les Insectes étaient nourris de jeunes feuilles coupées de Colza ; aux basses hygrométries, les feuilles étaient changées tous les jours. La fécondité des femelles a été contrôlée, avant le début de l'expérience, par un élevage pendant quelques jours dans un milieu à 100 p. 100 d'H.R. et sur un substrat humide.

Il a été constitué les quatre catégories suivantes, les Insectes étant élevés individuellement :

1° H.R. 100 p. 100 substrat humidifié.
2° H.R. 100 p. 100 substrat non humidifié.
3° H.R. 80 p. 100 substrat non humidifié.
4° H.R. 60 p. 100 substrat non humidifié.

## 1° Action de l'humidité sur la fécondité

Deux séries d'expériences ont été réalisées, la première à la température de 17°5 avec des femelles récoltées le 7 novembre et dont la ponte a été contrôlée jusqu'au 13 novembre (fécondité moyenne à cette date : 26 œufs), la seconde a été commencée le 12 décembre et soumise à une température de 20°.

| Conditions d'expérimentation | Arrêt de ponte | Fécondité moyenne | |
|---|---|---|---|
| 1re série : 100 p. 100 H. R. substrat non humidifié | | 44,4 | le 9e j. |
| 80 p. 100 H. R. substrat non humidifié | 10e j | 17 | |
| 60 p. 100 H. R. substrat non humidifié | 5e j | 8,5 | |
| 2e série : 100 p. 100 H. R. substrat humidifié | | 153,9 | le 25e j. |
| 100 p. 100 H. R. substrat non humidifié | | 87 | |
| 60 p. 100 H. R. substrat non humidifié | 6e j | 13,2 | |

Il y a eu, d'une façon générale, une diminution importante de la fécondité ; cela n'est pas dû à un ralentissement du rythme de ponte mais à l'arrêt de l'émission des œufs à une date d'autant plus précoce et chez une proportion de femelles d'autant plus élevée que l'hygrométrie était plus faible.

Il y a en outre des différences considérables de fécondité suivant les individus ; même à une H.R. de 100 p. 100, mais sur substrat sec, une

importante proportion de femelles meurent précocement sans avoir pondu ou après avoir donné un très petit nombre d'œufs ; d'autres ont pondu de façon assez régulière et pendant un temps aussi long que celles placées sur un substrat humide. Lorsque l'hygrométrie est faible, le pourcentage de mortalité précoce augmente et la ponte des femelles survivantes cesse de plus en plus tôt.

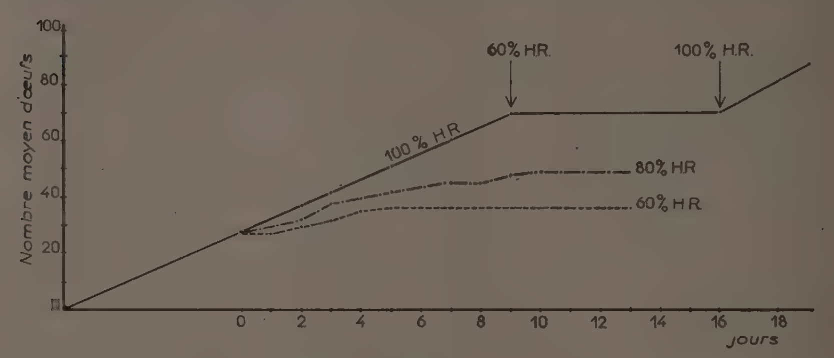



FIG. 52. — Courbes de pontes d'altises élevées aux H. R. de 60, 80 et 100 p. 100, sur substrat non humidifié (1re série d'expériences).

Pour la première série d'expériences (fig. 52), les fécondités minima et maxima au 9e jour étaient les suivantes dans les différents lots : 14 à 71 œufs à une H.R. de 100 p. 100, 1 à 31 à une H.R. de 80 p. 100 et 0 à 29 à une H.R. de 60 p. 100. Pour la seconde série, où la numération des œufs a été poursuivie pendant 25 jours, on a noté 148 à 223 œufs à une H.R. de 100 p. 100 sur substrat humidifié, de 2 à 181 àu ne H.R. de 100 p. 100 sur substrat non humidifié et de 0 à 27 à une H.R. de 60 p. 100.

La ponte s'est arrêtée le 5e ou le 6e jour à l'H.R. de 60 p. 100 et le 10e jour à l'H.R. de 80 p. 100 ; les pourcentages de mortalité dans la seconde série d'expériences ont été, au 25e jour, de 30 p. 100 à l'H.R. de 100 p. 100 sur substrat humidifié, de près de 50 p. 100 à l'H.R. de 100 p. 100 sur substrat sec et de 75 p. 100 à l'H.R. de 60 p. 100. Il est à noter que les femelles survivantes ont fait preuve d'une longévité remarquable : certaines d'entre elles ont vécu plus de 12 mois au laboratoire.

### 2° Action de l'humidité sur la croissance des ovocytes et la ponte

Des femelles des différents lots ont été disséquées à intervalles réguliers. Il a été constaté que le séjour des Insectes sur un substrat sec ou à faible H.R. a pour première conséquence de provoquer chez une proportion importante de femelles une accumulation partielle ou totale des pontes (fig. 53).

Pour certaines femelles il ne se produit aucune ponte ou seulement l'émission de quelques œufs isolés ; les œufs s'entassent progressivement dans les oviductes, l'intestin est fortement comprimé et les ovarioles sont refoulés jusqu'à la partie antérieure du thorax. Cette accumulation

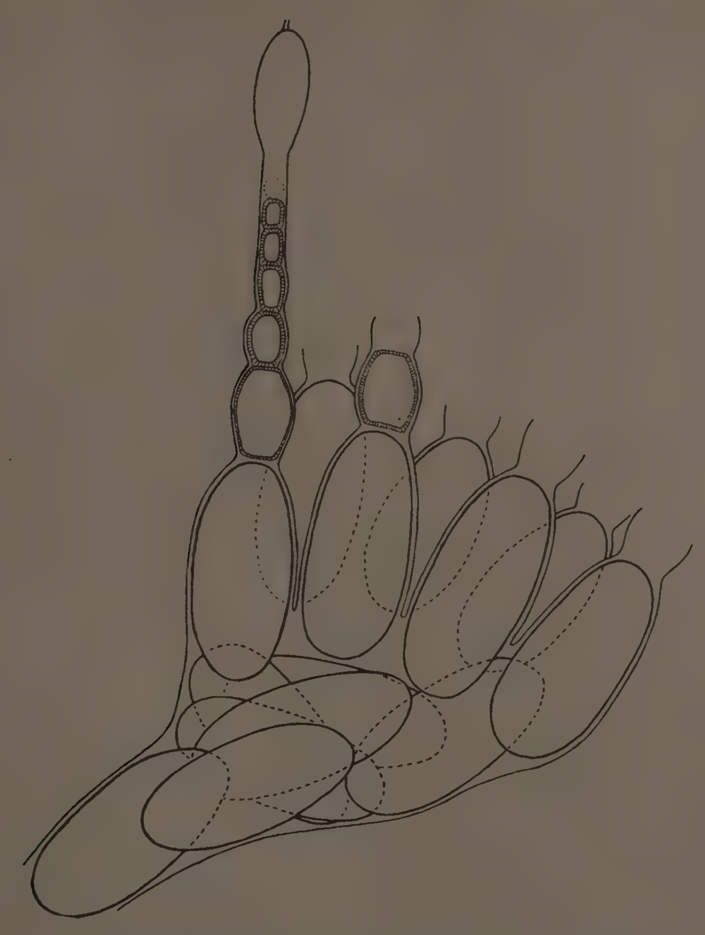


FIG. 53. — Accumulation d'œufs dans le calice, consécutive à un séjour de 48 h dans un milieu à 60 p. 100 d'H. R. et à la température de 17-18°.

des œufs n'étant pas suivie d'une lyse ou d'un écrasement des œufs dans les ovocytes entraîne rapidement la mort de l'animal. Les femelles meurent généralement lorsque deux pontes sont ainsi rassemblées ; un petit nombre d'entre elles parviennent à contenir 35 à 40 œufs mais ce chiffre n'est jamais dépassé ; il se produit parfois à ce moment des désor-

ganisations ovocytaires permettant une survie d'une quinzaine de jours au maximum.

Chez d'autres femelles, l'accumulation des œufs n'excède pas 24 à 48 heures ; les œufs sont émis pendant un temps plus ou moins long suivant l'hygrométrie. A une H.R. de 70-80 p. 100, on constate au bout d'un temps variable suivant les individus (5 à 10 jours) une résorption générale de l'ovocyte I (fig. 54). Chez certains Insectes, la désorganisation

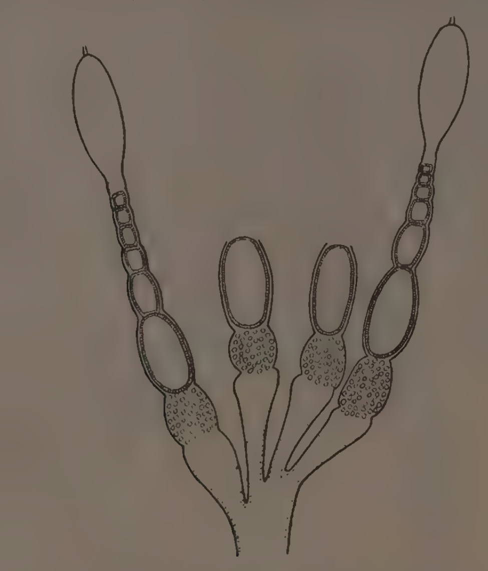


Fig. 54. — Résorption de l'ovocyte I occasionnée par un séjour de 5 jours à une H. R. de 80 p. 100.

peut être beaucoup plus poussée ; les autres ovocytes ont des contours mal définis, les cellules folliculaires présentent une forte proportion de macrocellules à noyaux fortement chromophiles. Il arrive que l'ovariole soit même complètement désorganisée, les ovocytes ayant des tailles aberrantes et les cellules folliculaires ayant perdu leur cohésion.

Des femelles prélevées dans des lots placés pendant une dizaine de jours à une H.R. de 60 p. 100 et transportées dans un milieu où l'H.R. est de 100 p. 100 ne tardent généralement pas à pondre normalement (3 à 5 jours après le transfert). Une basse humidité relative n'entraîne donc pas de troubles profonds de la chambre germinative mais seulement une désorganisation des plus grands ovocytes.

L'humidité relative du milieu où évolue l'Insecte a une influence considérable sur la mortalité et la fécondité. Les conditions optima pour la ponte sont donc constituées par une H.R. de 100 p. 100 et un substratum présentant une pellicule d'eau ; cette particularité que nous dési-

gnerons pas « action de l'eau de contact » doit jouer un rôle important dans les conditions naturelles. L'absence « d'eau de contact » entraîne chez une forte proportion d'individus une accumulation des œufs dans les oviductes et la mort à plus ou moins brève échéance. Une humidité relative de l'air inférieure à 90-100 p. 100 occasionne des troubles dans l'émission des œufs, puis dans la croissance des ovocytes.

## D. — Cycles de ponte

Au cours des expériences relatives à la fécondité, effectuées en 1950 et 1951, nous avons constaté que la ponte n'était pas continue ; bien que les conditions de milieu dans lesquelles étaient placés les Insectes étaient maintenues constantes, on constatait, dans les élevages individuels, que les périodes de ponte alternaient avec des périodes où il n'y avait pas de production d'œufs.

### 1. Détermination des cycles

Nous avons insisté à plusieurs reprises sur la grande hétérogénéité que présentaient les altises tant pour la reprise de l'activité que pour le début de la ponte ; l'existence de cycles de ponte, que nos premiers élevages individuels nous avaient permis de soupçonner, ne pouvaient être mis en évidence qu'en opérant sur des Insectes récoltés dans un champ présentant une grande homogénéité écologique et dont l'éclosion avait eu lieu sensiblement à la même date. Des altises adultes ont été récoltées les 29 et 30 mai 1950 aux Clayes (S. et O.). Elles ont été ensuite placées en plein air dans une cage grillagée et, à partir des 5 et 6 septembre, ont été élevées isolément ou en groupes de 5 mâles et de 5 femelles à une humidité relative de 70 p. 100 et à la température de 15-17°.

La courbe de la figure 56 indique la fécondité de 100 femelles décomptées par décades ; on voit que la ponte présente des fluctuations accusées avec des maxima suivis de périodes de ponte très réduites et même d'arrêt total. On relève trois cycles de pontes de durées sensiblement identiques, le premier du début septembre à la mi-novembre avec un maximum vers le 15 septembre, le second du 10 décembre au 15 février avec un maximum vers la mi-décembre, et le troisième du début de mars au 20 avril, la seconde période de ralentissement de ponte étant plus longue que la première.

Nous avons procédé à une expérience similaire en 1951-1952 mais avec une humidité relative voisine de la saturation ; l'essai comprenait 3 lots :

| | | |
|---|---|---|
| Lot 1 | Temp. 18-20° | Lumière normale |
| 2 | 15-17° | Lumière normale |
| 3 | 15-17° | Obscurité totale |

Ainsi que nous l'avons vu au chapitre précédent, la ponte est dans ces conditions beaucoup plus importante et plus régulière ; la fécondité a été très élevée au cours des mois de septembre, octobre et novembre, notamment dans le lot 1. Une forte proportion de femelles moururent avant la fin du mois de novembre de sorte que les courbes par décade ne manifestèrent pas l'existence d'un second cycle de ponte ; il fut perceptible dans le lot 2 et surtout le lot 3 mais il ne présenta pas l'intensité ni la même durée que dans la première expérience ; la phase de repos fut de longue durée et le troisième cycle fut très marqué de la fin mars à la fin avril ; quelques Insectes survécurent jusqu'à la fin du mois de mai, mais il n'y eut plus de ponte au delà des derniers jours d'avril.

Nous avons récolté le 10 juillet 1953 à Angerville un grand nombre d'Insectes dès le début de leur sortie ; ces altises furent élevées au laboratoire à la température de 15-17° ; 50 femelles furent placées à une H.R. de 100 p. 100 et 50 à une H.R. de 70 p. 100. Le graphique n° 58 indique la ponte et la mortalité par décade ; on observe très nettement les trois cycles de ponte.

*Etude des pontes individuelles.* — Les différences des résultats observés dans les expériences précédentes permettaient de supposer qu'aux hautes hygrométries les arrêts de ponte ne se produisaient plus ou qu'ils se manifestaient de façon échelonnée ; afin de préciser cette question' il était donc nécessaire d'avoir recours à des observations individuelles.

Nous avons élevé isolément à une H.R. de 100 p. 100, à la température de 15-17° et sous un éclairage d'une durée de 9, 30 h des Insectes récoltés à Versailles dès le début de la ponte afin d'avoir un lot plus homogène. Les Insectes ont été élevés en groupe jusqu'au 20 septembre et ensuite isolément. Les courbes cumulatives de ponte ont présenté des écarts très marqués ; 10 p. 100 environ des altises ont pondu très régulièrement jusqu'à épuisement. Pour les autres Insectes la ponte s'est ralentie dans le courant de novembre ; suivant les femelles, l'arrêt de la ponte s'est échelonné entre le 27 novembre et le 20 décembre et la reprise entre le 18 et le 27 décembre ; certaines femelles ont donc cessé de pondre lorsque d'autres recommençaient à émettre des œufs ; la période d'arrêt a été de 15 à 25 jours. Enfin 50 p. 100 des femelles sont mortes entre le 27 novembre et le 27 décembre ; toutes les femelles survivantes ont émis tous leurs œufs avant le mois de mars et le troisième cycle n'a donc pas pu se manifester. Dans une expérience similaire effectuée sous 16 h d'éclairage, la mortalité a été de 100 p. 100 à la fin du premier cycle.

Ceci montre que même dans les conditions les plus favorables à une émission continue de la totalité des œufs, une forte proportion des femelles présente au bout d'un temps assez constant un ralentissement et un arrêt temporaire de la ponte ; celui-ci étant très bref, apparaissant

avec un certain écart suivant les individus et étant accompagné d'une forte mortalité des femelles, le phénomène n'est plus perceptible lorsque l'on procède à des numérations globales de ponte.

La fécondité des femelles présentant un arrêt temporaire de ponte est sensiblement identique à celle des femelles qui pondent d'une façon continue. Chez le Dytique, il y a durant la phase d'arrêt de ponte une émission d'ovocytes à un rythme régulier identique à celui existant en période de ponte mais ces ovocytes sont désorganisés avant d'avoir atteint leur complète maturité (JOLY). Étant donné la durée souvent importante de cet arrêt chez l'Altise, on est amené à supposer (et l'examen des ovarioles confirme cette hypothèse) qu'il ne se produit rien de semblable chez cet Insecte ; le ralentissement de la production des ovocytes commence avant la phase d'arrêt de ponte et s'intensifie au cours de cette phase.

*Influence de la température.* — Nous avons étudié en 1953 la ponte individuelle de femelles placées aux températures constantes de 4, 8, 12, 16, 18, 20 et 24° et à une H.R. de 100 p. 100. L'existence des cycles est nettement conditionnée par la température. A 16°,1 femelle sur 10 a pondu la totalité de ses œufs (440) de façon très régulière ; elle mourut une dizaine de jours après la dernière ponte. Les autres femelles présentèrent dans le courant de décembre des arrêts de ponte après avoir pondu 15 à 223 œufs ; 3 femelles manifestèrent un deuxième cycle et l'une d'entre elles donna 418 œufs au total ; enfin, une femelle ayant très peu pondu au cours du premier et du deuxième cycle (110 + 35 œufs )eut de mars à juin une ponte continue (528 œufs au total) et mourut au début du mois d'août.

Les résultats de plusieurs élevages poursuivis à 16° peuvent se résumer comme suit :

— 75 p. 100 des femelles moururent avant d'avoir pu émettre la totalité de leurs œufs ;

— 10 p. 100 ont pondu d'une façon continue et ne présentèrent donc qu'un cycle;

— 10 p. 100 ont pondu en deux cycles avec un arrêt de ponte entre le 70e et le 90e jour.

— 5 p. 100 ont pondu en 3 cycles, le second arrêt ayant eu lieu 80 jours en moyenne après le premier. Ce sont les femelles qui ont eu les pontes les plus faibles au premier cycle qui ont survécu le mieux et qui ont eu les pontes les plus importantes aux cycles suivants.

Les résultats de plusieurs essais effectués à la température de 18° ont été les suivants : 7 p. 100 des femelles ont pondu d'une façon continue et ont émis la totalité de leurs œufs en un seul cycle et 93 p. 100 présentèrent un arrêt de ponte : 74 p. 100 moururent au cours de cet arrêt ou peu après, et 19 p. 100 présentèrent un deuxième cycle mais une

seconde ponte régulière ne fut observée que sur 3 p. 100 des femelles. Aucune Altise ne présenta un 3e cycle.

A 20°, 95 p. 100 des femelles ont eu une ponte irrégulière et moururent précocement, la longévité moyenne étant de 36-37 jours ; les autres ont pondu 277 à 450 œufs en 30 à 40 jours et cessèrent ensuite de pondre ; une d'entre elles donna 18 œufs après un arrêt de ponte de quelques jours et mourut. Il a été impossible d'avoir une ponte continue pendant plus de 30 jours à 24° et la longévité moyenne n'a été que de 10 jours.

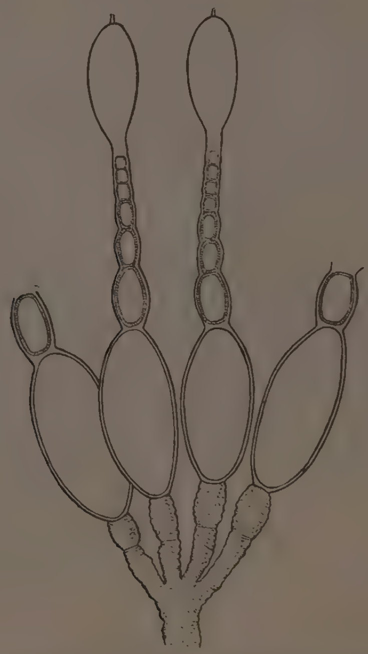


Fig. 55. — Résorption de l'ovocyte I due à l'élevage, pendant 8 jours, à une H. R. de 70 p. 100 ; le calice et l'extrémité des ovarioles sont fortement pigmentés.

Les cycles sont difficilement décelables aux températures inférieures à 16°, la fécondité journalière étant très faible. Certaines femelles présentèrent des arrêts temporaires de ponte à 12°. Aux températures de 4 à 8° l'émission des œufs se fît pratiquement suivant le même rythme jusqu'à épuisement.

*Influence de l'hygrométrie.* — Nous avons vu précédemment qu'une faible H.R. réduisait la durée de la période de ponte et la fécondité.

Les essais ont été faits sur des lots de plusieurs individus (les cages cylindriques utilisées à cet effet étant volumineuses, il n'était pas possible d'en placer un grand nombre dans les étuves) et il n'a donc pu

être précisé le comportement individuel. A une H.R. de 90 p. 100 et à une température de 18-20°, la ponte a été très voisine de ce que l'on relève à 100 p. 100 d'H.R., la mortalité a été très élevée et les cycles de ponte ne purent être mis en évidence. Le deuxième cycle a été faible ou nul et s'est confondu avec le premier ; le troisième cycle a été aussi très faible mais plus facile à discerner car il était séparé du premier par une longue période de repos. A la température de 15-17°, la ponte a conservé les même caractères qu'à une hygrométrie saturante ; cependant, dans certains lots, les cycles de ponte ont été bien accusés.

A une hygrométrie de 70 p. 100, la ponte a été irrégulière et réduite ; elle n'a pas dépassé une centaine d'œufs et a oscillé souvent autour de 30 à 40. Dans ces conditions il était impossible de déceler une variation individuelle de la ponte mais les cycles ont été bien marqués sur des élevages groupés d'Insectes dont la ponte a commencé sensiblement en même temps.

La fécondité de 10 femelles élevées à 16-18° sous une humidité relative de 70 ou de 90-95 p. 100 a été la suivante :

| | 1er cycle | 2e cycle | 3e cycle | Totaux |
|---|---|---|---|---|
| H. R. 70 p. 100 | 169 | 131 | 32 | 332 |
| p. 100 ponte globale | 50,9 | 39,4 | 9,6 | 100 |
| H. R. 90-95 p. 100 | 1 186 | 13 | 2 | 1 201 |
| p. 100 ponte globale | 98,7 | 1,0 | 0,1 | 100 |

Il est à remarquer que les dates de reprise de ponte, et par conséquent des durées des cycles, sont sensiblement les mêmes à une température donnée quelle que soit l'humidité relative du milieu.

Une H.R. élevée augmente donc notablement la fécondité totale et plus de 90 p. 100 des œufs sont produits au cours du premier cycle. Ce phénomène est encore renforcé lorsque les Insectes disposent d'un substratum présentant une mince pellicule d'eau ; la ponte est importante et a lieu sans discontinuité en un temps qui n'excède pas celui du premier cycle ; le deuxième et le troisième cycles de ponte ne se manifestent plus que d'une façon sporadique.

Il semble que les basses hygrométries inhibent la ponte ; des femelles soumises pendant un certain temps à une basse humidité relative transportées dans un milieu à humidité relative élevée émettent un grand nombre d'œufs au deuxième ou au troisième cycle ainsi que le montre l'expérience suivante.

| Cycles | Lot A | | | Lot B | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | H. R. | Nombre d'œufs | p. 100 ponte globale | H. R. | Nombre d'œufs | p. 100 ponte globale |
| 1er | 70 | 139 | 30 | 90 | 1 491 | 76 |
| 2e | 100 | 303 | 67 | 90 | 254 | 13 |
| 3e | 100 | 10 | 2 | 100 | 214 | 10 |

Les femelles du lot A ont été élevées à une H.R. de 70 p. 100 pendant la durée du premier cycle puis transportées dans un milieu où l'H.R. était de 100 p. 100 ; celles du lot B ont été placées à une H. R. de 90 p. 100 pendant le premier et le second cycle et ensuite à 100 p. 100.

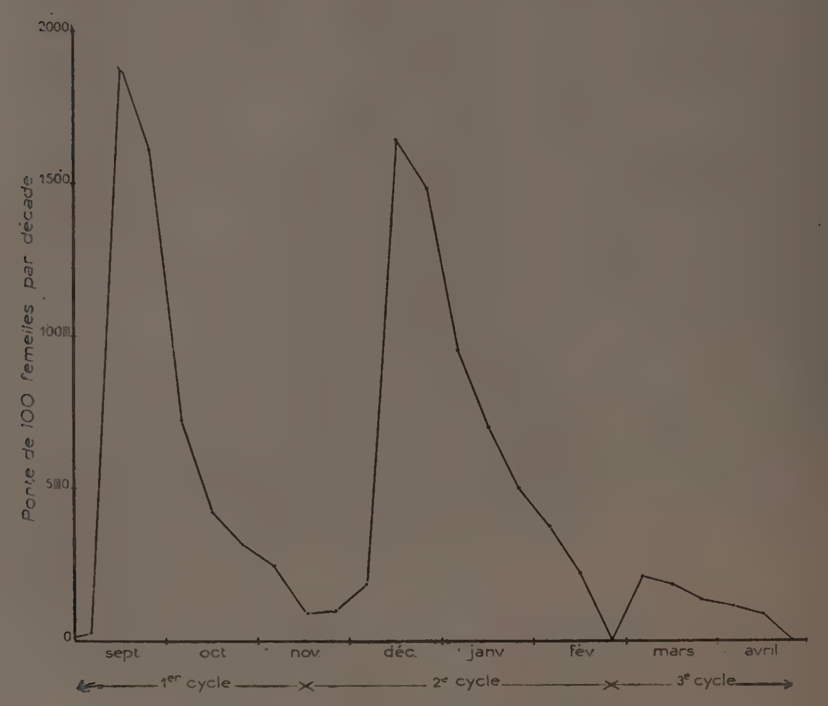



FIG. 56. — Pontes par décade de 100 femelles élevées à une H. R. de 70 p. 100 et à une température de 15-17° (1950-51).

*Influence de l'origine.* — Nous avons signalé p. 380 que les Insectes reprenaient leur activité plus ou moins tôt à l'automne suivant les conditions climatiques locales : la ponte commence plus tard chez les Insectes récoltés à Crécy-Couvé que chez ceux provenant de Versailles. L'élevage comparatif d'altises originaires de ces deux localités a montré que les écarts existant entre les dates des débuts de ponte se maintenaient en ce qui concerne les cycles de ponte ; le nombre et la durée des cycles furent identiques pour les deux lots. Les altises récoltées à Versailles ont commencé à pondre le 12 septembre 1951 et le deuxième cycle a débuté le 2 décembre. Celles de Crécy-Couvé ont donné leurs premiers œufs le 15 octobre et le deuxième cycle a commencé le 12 janvier 1952.

## 2° Modifications anatomiques

A la fin d'un cycle de ponte, on constate souvent l'émission d'œufs faiblement pigmentés, d'une taille inférieure à la normale (au plus égale à 700 μ) et fréquemment déformés. Les femelles sont alors complètement dépourvues de réserves adipeuses ; il ne subsiste que des « cellules à urates » fortement colorées en brun-noir et bourrées de corpuscules bactériformes.

En période d'arrêt de ponte, les ovarioles sont assez fortement régressés ; le germarium n'est pas modifié mais le vitellarium est notablement diminué. Les plus gros ovocytes sont en voie de désorganisation suivant le même processus que celui qui a été décrit p. 438 ; la taille des ovocytes suivants ne dépasse pas 300 à 350 μ. Au cours de cette période l'Insecte reconstitue rapidement des réserves adipeuses.

Tout se passe donc comme si la ponte entraînait un épuisement de l'Insecte provoquant un ralentissement de la croissance des ovocytes, une dégénérescence des ovocytes les plus avancés et un arrêt de la ponte ; cette dernière reprendra lorsque l'animal aura accumulé suffisamment de réserves adipeuses par un mécanisme que nous examinerons au chapitre suivant.

*Cycle de ponte et mortalité.* — Nos nombreux élevages réalisés à différentes hygrométries nous ont permis de constater que la mortalité est importante à la fin de chaque cycle de ponte.

Le coefficient de mortalité varie suivant l'hygrométrie, celle-ci conditionnant elle-même la fécondité. A 100 p. 100 d'H.R., des femelles ont cessé de pondre en janvier mais on vécu jusqu'en avril ; à 60-70 p. 100 d'H.R. on observe une forte mortalité au début de l'expérience mais la longévité est nettement plus grande qu'aux fortes hygrométries ; des femelles qui n'ont pondu qu'au cours des mois de septembre et octobre ne sont mortes qu'en mai et quelques-unes d'entre elles ont vécu jusqu'au mois d'octobre suivant.

La mortalité des femelles relève de deux phénomènes corrélatifs :

1° Elle est liée au degré d'épuisement des Insectes à la fin de chaque cycle de ponte ; il est d'autant plus important que la fécondité a été plus grande, celle-ci étant sous la dépendance de l'H.R ; ce fait est bien mis en évidence par les courbes de mortalité( fig. 57). Si l'on fait abstraction de la mortalité précoce qu'entraîne une faible H.R., on voit que le pourcentage de mortalité à la fin du premier cycle est de 26 p. 100 à 60-70 p. 100 d'H.R. et de 60 p. 100 à 100 p. 100 d'H.R. ; le pourcentage de mortalité entre la fin du premier cycle et celui du second est de 20 p. 100 à 60-70 p. 100 d'H.R. et de 32 p. 100 à 100 p. 100 d'H.R.

2° Cette déficience physiologique des Insectes à la fin de chaque cycle les rend particulièrement sensibles à des parasites normalement peu

pathogènes tels que les Grégarines ou les Muscardines ; cette déficience s'accentue avec les cycles et avec l'âge.

Le graphique n° 57 indique le pourcentage de mortalité observé en 1951-1952 sous différentes hygrométries. Sur le graphique n° 58 il a été reporté le pourcentage de mortalité absolu des femelles (par rapport au nombre de femelles existant au début de l'expérience) et le pourcentage de mortalité relatif (par rapport au nombre de femelles survivantes) par décade en 1953-1954.

*Incidence de l'existence des cycles de ponte sur la ponte en plein air.* — Dans les conditions naturelles, les cycles de ponte sont assez difficilement décelables par suite de l'action des divers facteurs écologiques et notamment de la température.

La ponte du premier cycle est souvent interrompue par l'abaissement de la température. Il est cependant manifeste que pour les Insectes se trouvant en des lieux où la reprise d'activité se produit précocement, ou au cours des années où la ponte a pu débuter très tôt, c'est-à-dire être importante en septembre et octobre (1950-1951), la ponte durant le mois de novembre est nettement inférieure à ce qu'elle devrait être, compte tenu de la température. On constate par la suite l'apparition généralisée de phénomènes de désorganisation ovocytaire bien que la température moyenne soit trop élevée pour provoquer aussi rapidement des troubles aussi profonds et une augmentation importante de la mortalité (contrairement à ce qui est noté dans les élevages de laboratoire réalisés à ces températures) ainsi qu'un développement généralisé des Grégarines. En 1952, au contraire, où la ponte fut tardive et très réduite en automne, on ne constata qu'une mortalité très réduite et l'absence pratiquement totale des Grégarines ; la ponte fut régulière bien que la température fût très basse.

L'arrêt précoce de la ponte au cours de l'automne aboutit, même les années où la ponte pourrait être totalement émise en cette saison, à la possibilité d'une ponte importante à partir du début de février. La ponte est réduite dès que la température moyenne atteint 14° ; il y a alors un arrêt temporaire et total de la ponte et une forte mortalité. En 1950-1951 et 1951-1952 la ponte cessa entre le 20 avril et le 10 mai suivant les individus ; il y eut ensuite une émission relativement importante d'œufs jusqu'au 10-12 mai, puis sporadique jusqu'à la fin du mois de mai et exceptionnellement jusqu'au début de juin ; en 1953, tous les Insectes étaient morts à la fin avril ou au début de mai.

Cet arrêt automnal de la ponte a pour conséquences pratiques de permettre une ponte post-hivernale ou printanière plus ou moins importante suivant la température ; cette seconde période de ponte peut présenter un nouvel arrêt dont la durée moyenne est d'une vingtaine de jours. Il se produit donc un étalement de la période de ponte et,

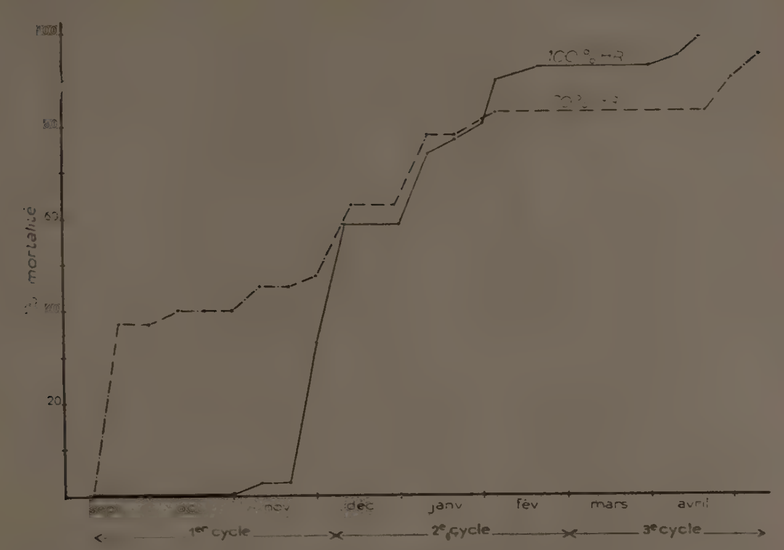



FIG. 57. — Courbes de mortalité de femelles élevées à une température moyenne de 15-17°, et aux H. R. de 70 et de 100 p. 100 (1950-51)

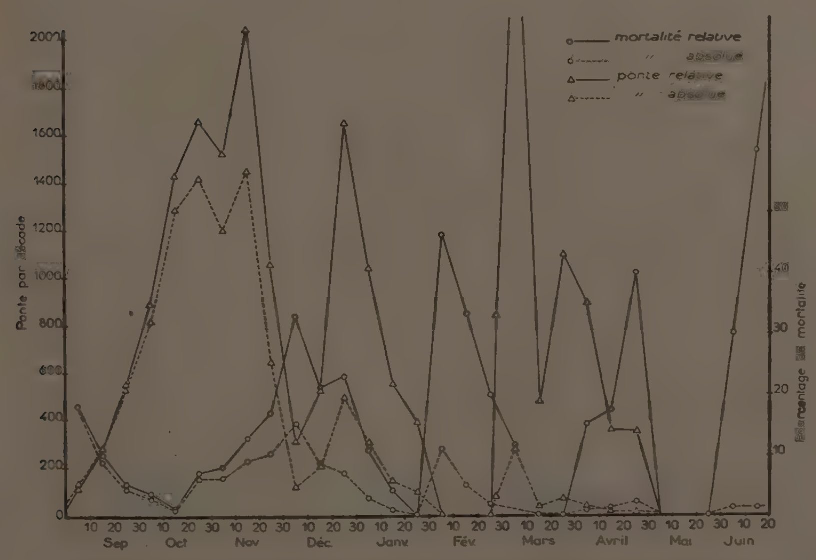



FIG. 58. — Ponte par décade et pourcentage de mortalité de 100 femelles originaires d'Angerville (10-7-53) élevées à une température moyenne de 15-17°.

dans une moindre mesure, de l'invasion larvaire. L'arrêt de la ponte constitue une phase d'affaiblissement de l'animal le rendant particulièrement vulnérable aux agents biotiques ou abiotiques, ce qui a pour conséquence de diminuer fortement l'importance économique des invasions larvaires printanières.

## E. — Influence de l'alimentation

### L'alimentation en fonction de la température

Nous nous sommes efforcés de déterminer les relations existant entre l'alimentation et la ponte en relevant le nombre de morsures et de pontes aux températures constantes de 0, 2, 4, 8, 12, 18 et 24°. Nous avons constaté que la consommation journalière moyenne (rapport du nombre moyen de morsures au nombre moyen de jours de ponte) est sensiblement proportionnelle à la température, à la condition de n'effectuer ces numérations que sur des femelles pondant de façon régulière.

| Température | Nombre moyen quotidien d'œufs | Nombre moyen quotidien de morsures |
|---|---|---|
| 24° | 8,6 | 11,5 |
| 18° | 8,1 | 11,1 |
| 12° | 3,0 | 4,9 |
| 8° | 1,4 | 2,4 |
| 4° | 0,7 | 1,3 |
| 2° | 0,3 | 0,7 |
| 0° | 0 | 0 |

Ces résultats sont insuffisants pour admettre qu'il existe une relation causale entre la ponte et l'alimentation mais ils ont orienté nos observations et nos expériences sur l'alimentation.

Si nous déterminons le rapport du nombre de morsures au nombre d'œufs aux différentes températures, nous constatons que la ponte d'un œuf semble nécessiter relativement moins de nourriture aux températures élevées qu'aux températures basses ; ce rapport passe de 1,33 à 24° à 1,37 à 18°, 1,6 à 12°, 1,71 à 8° et à 2,33 à 2°. Ce fait est confirmé par la dissection des femelles ; à la fin de la période de ponte pour les Insectes élevés aux hautes températures, ou à la fin d'un cycle de ponte pour celles placées à des températures moyennes, on remarque que les réserves adipeuses ont presque complètement disparu alors qu'il en reste toujours une certaine quantité chez les femelles se trouvant à des températures basses et qui ne présentent donc pas d'arrêt cyclique de ponte.

Un certain parallélisme entre l'alimentation et la fécondité s'observe aussi chez les altises élevées individuellement. Toutefois, si la fécondité peut varier de 0 à 500, les écarts individuels d'alimentation dépassent rarement la proportion de 1 à 3, les femelles stériles consommant une quantité appréciable de tissus végétaux. Aux hautes températures, la

ponte n'est importante que dans les cas où le nombre des morsures est élevé d'une façon durable ; aux basses températures, la période de ponte est très longue et la fécondité totale est finalement importante.

Ce parallélisme se conserve d'ailleurs dans le temps. A toute ponte régulière correspond une période régulière d'alimentation, et tout arrêt temporaire de la ponte correspond à une diminution de l'alimentation. Aux températures basses, le nombre quotidien de morsures varie assez fortement : souvent important après une ponte, il diminue graduellement jusqu'à la ponte suivante mais la somme des morsures entre deux pontes consécutives reste sensiblement constante. Cette fluctuation régulière existe probablement à des températures plus élevées mais elle ne peut être mise en évidence que par des numérations effectuées plusieurs fois par jour.

### Suppression ou réduction expérimentale de l'alimentation

Une autre méthode d'étude de l'influence de l'alimentation sur la ponte consiste à supprimer la nourriture et à déterminer la date de l'arrêt de la ponte ou à donner à l'Insecte une alimentation très inférieure à ses besoins normaux.

Un lot de 7 femelles, dont la régularité de la ponte avait été vérifiée par des numérations préalables, ont été placées dans les conditions écologiques optima de ponte (H.R. 100, température 18-20°) et n'ont plus été alimentées à dater du 30 octobre ; les pontes ont été les suivantes :

Le 4e jour, 114 œufs soit 16,3 œufs par femelle.

Le 7e jour, 51 œufs soit 7 œufs par femelle.

Le 9e jour 10 œufs soit 1,4 œuf par femelle.

Les 11e, 13e et 15e jours, 0.

Avant de cesser complètement de pondre, 1 femelle a émis 3 pontes, 4 ont donné 2 pontes et 2 seulement 1 ponte soit en moyenne près de, 2 pontes par femelle ; étant donné que les Insectes ont été utilisés pour l'expérience au moment de la pleine période de ponte, plusieurs femelles avaient des œufs murs au moment de la mise en route de l'essai.

Une autre expérience a été commencée le 18 novembre avec 10 femelles récoltées en plein air le 10 novembre ; ces Insectes ont été élevés à 22° sur un substrat non humidifié ; les pontes ont été :

Le 2e jour de 46 œufs, soit de 4,6 œufs par femelle.

Le 4e jour de 17 œufs, soit de 1,7 œuf par femelle.

Le 6e jour de 0.

Les femelles ont, dans ce cas, émis en moyenne 1/2 ponte après le début de l'expérience ; les dissections ont montré qu'il restait des œufs emmagasinés dans l'abdomen et que les Insectes ont pu murir une ponte en moyenne. 4 de ces femelles ont été alimentées à partir du 25 novem-

bre, soit 7 jours après la suppression de l'alimentation, et à la température de 21°, 3 sont mortes le 4e jour sans avoir pondu ; la quatrième n'a pondu que le 1er décembre soit 6 jours après la reprise de l'alimentation, ce qui permet de supposer que l'arrêt de l'alimentation a entraîné la désorganisation de plusieurs ovocytes dans chaque ovariole.

Dans une autre expérience, conduite parallèlement à la première, les Insectes étaient alimentés 2 jours sur 4. 8 Insectes sur les 10 utilisés moururent au bout de 12 à 24 jours en n'ayant donné que des pontes partielles. L'un des deux survivants ne produisit que 96 œufs en deux mois, soit 8 à 9 pontes. L'autre donna 244 œufs durant la même période,

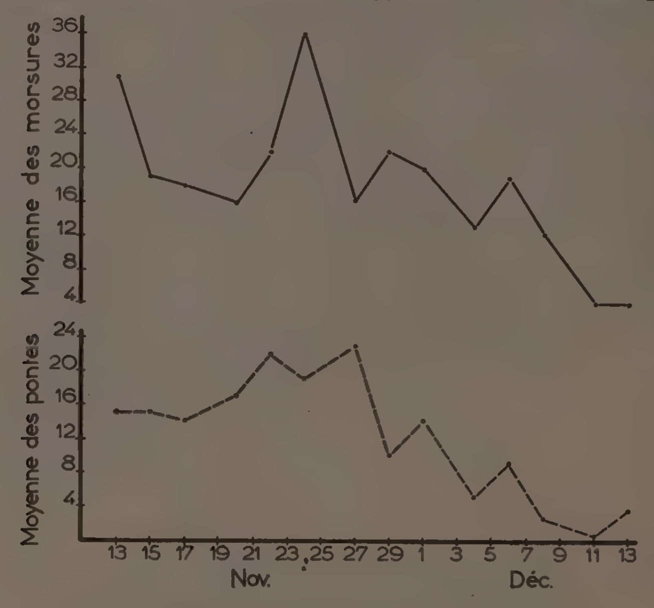



FIG. 59. — Moyennes journalières des morsures et des pontes de six femelles élevées à 16° et à une H. R. de 100 p. 100.

soit une ponte tous les 3 jours ; cette continuité de la ponte montre qu'il y a eu tout au plus une résorption partielle des ovocytes et probablement seulement un ralentissement de la croissance des ovocytes dû à l'impossibilité pour l'Insecte de compenser les deux jours de jeûne par une consommation deux fois plus forte que la normale lorsqu'il disposait de feuilles de Colza.

Ces divers essais montrent que l'alimentation et la ponte sont étroitement associées ; l'arrêt de l'alimentation entraîne, à une température de 18 à 22°, la cessation de la ponte 5 à 10 jours plus tard ; à la température de 22°, la ponte reprend 6 jours après la reprise de l'alimentation.

Ce retard dans la reprise de la ponte laisse prévoir de fortes désor-

ganisations ovocytaires qui sont d'ailleurs confirmées par les dissections. Au bout de 3 jours sans alimentation les individus présentent encore des œufs mûrs dans les oviductes, mais les plus grands ovocytes ont une pigmentation irrégulière et des contours peu définis ; ils ont souvent une taille inférieure à celle qu'ils devraient avoir d'après leur numéro d'ordre (200 à 300 μ pour l'ovocyte I). Le 4ᵉ jour commencent à apparaître des phénomènes de désorganisation ovocytaires identiques à ceux décrits dans les chapitres précédents limités au dernier ovocyte, mais les ovocytes suivants ont une taille inférieure à la normale et des contours souvent irréguliers. Au 15ᵉ jour de jeûne, les ovarioles présentent une désorganisation généralisée, des ovocytes aux contours mal définis et des cellules folliculaires déformées ; il n'existe plus de réserves adipeuses.

**L'alimentation en période d'arrêt cyclique de ponte :**

Nous avons étudié en 1951 l'évolution journalière de la ponte et de l'alimentation sur un lot très homogène de 6 femelles élevées à 16° sous 12 h d'éclairement ; l'examen de la figure 59 montre qu'il y a eu un parallélisme remarquable entre le nombre des morsures et la ponte ; l'alimentation a été plus faible ensuite jusqu'au moment de la reprise de la ponte (du 18 au 27 décembre).

La même expérience fut effectuée au printemps de l'année 1953 sur un lot d'altises récoltées en plein air le 3 mars et élevées à 17° avec une H.R. de 90 p. 100. Le graphique nº 60 indique le nombre de morsures et d'œufs pondus. (Il est à remarquer que la ponte fut très réduite à l'automne 1952, ce qui explique la grande fécondité printanière de ce lot.) Il y a eu d'abord un parallélisme étroit entre la ponte et l'alimentation puis la ponte s'est ralentie pendant une vingtaine de jours, s'est arrêtée complètement pendant 25 jours et a repris ensuite. L'arrêt de la ponte a eu lieu le 43ᵉ jour et l'alimentation est restée remarquablement régulière jusqu'au 35ᵉ jour après le début de l'expérience, puis s'est ralentie progressivement jusqu'à la reprise de la ponte.

La dissection des femelles montre que l'arrêt de la ponte se produit lorsque toutes les réserves adipeuses sont épuisées ; durant le ralentissement de la ponte et surtout l'arrêt de celle-ci, les femelles reconstituent rapidement des réserves adipeuses.

Ces phénomènes ne se manifestent qu'aux températures élevées et la forte mortalité, le développement des parasites de faiblesse qui les accompagnent traduisent un épuisement considérable des individus. L'examen de la figure 48 montre que c'est à la température de 8° (et peut-être de 4 à 8°) que la ponte a lieu de la façon la plus régulière et qu'elle se poursuit jusqu'à l'émission totale des ovocytes ; les femelles conservent jusqu'à leur mort d'importantes réserves adipeuses.

Il semble que le rythme de croissance des ovocytes et l'alimentation ne soient pas influencés suivant le même ordre de grandeur par la température ; aux températures égales ou inférieures à 8° la quantité de nourriture ingérée assure la croissance régulière des ovocytes et les divers besoins énergétiques de l'animal sans qu'il soit nécessaire de faire appel

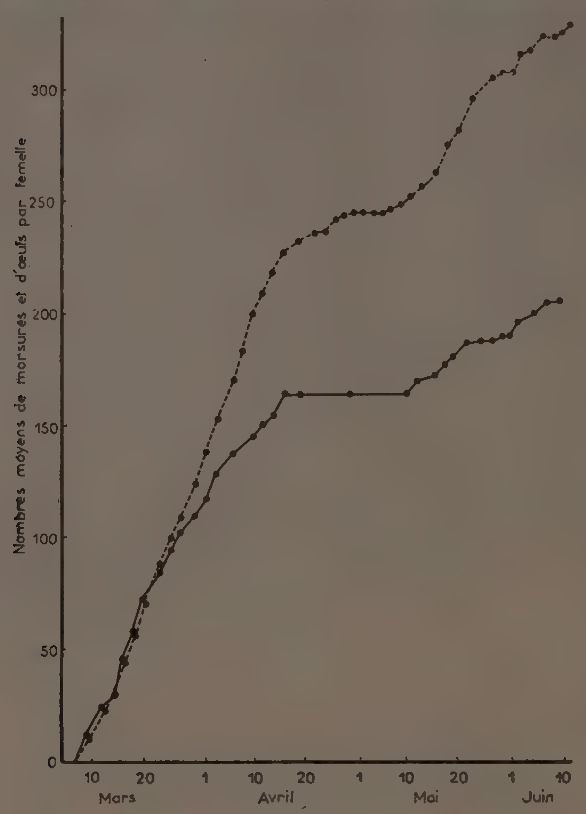



Fig. 60. — Nombres moyens de morsures (en traits interrompus), et d'œufs (en traits pleins).

aux réserves adipeuses. Au fur et à mesure de l'élévation de la température, la croissance des ovocytes est nettement supérieure à l'augmentation de l'alimentation. Ce fait a pour conséquence d'entraîner rapidement la mort de l'animal aux températures égales ou supérieures à 18°. Aux températures comprises entre 12 et 18° l'Insecte remédie à cette dysharmonie en s'arrêtant de pondre pendant un temps plus ou moins long, jusqu'à ce qu'il ait accumulé des réserves suffisamment importantes ; cet arrêt de la ponte semble provoquer des perturbations dans la physiologie de l'animal, puisque celui-ci s'alimente très peu pendant un

temps assez long après l'émission des œufs ; des Insectes se trouvant en pleine période de ponte et affamés pendant 7 jours s'alimentent voracement dès que l'on met de la nourriture à leur disposition et pondent 6 jours après la reprise de l'alimentation, alors que l'arrêt cyclique de ponte a une durée de 15 à 25 jours. On peut supposer que dans ce dernier cas, il y a non seulement une disparition des réserves adipeuses mais aussi d'autres éléments qui se reconstituent plus difficilement, la croissance normale des ovocytes et l'activité alimentaire normale de l'animal étant conditionnées par la présence d'une quantité minimum de ces éléments.

La résorption des ovocytes a été observée chez divers Insectes : Hétéroptères (*Rhodnius*). Diptères (Anophèles), Hyménoptères (ouvrières de *Formica rufa* et de *Camponotus ligniperda*, Pteromalides) mais l'on ne sait pas encore si ce phénomène peut être attribuable à la nutrition, au métabolisme ou à une hormone spécifique (WIGGLESWORTH, 1950).

Chez l'Altise du Colza il existe d'étroites relations chronologiques et quantitatives entre la ponte et l'alimentation. L'arrêt de la ponte entraîne une forte diminution de l'alimentation et la reprise de la ponte est précédée d'une importante consommation de nourriture, les réserves graisseuses ne permettant de pallier à une déficience alimentaire que pendant une brève période.

Les températures égales ou supérieures à 12° provoquent un déséquilibre entre la ponte et l'alimentation, la disparition des réserves graisseuses et des troubles physiologiques qui ont pour conséquence un arrêt de l'émission des œufs, une sensibilité accrue de l'Insecte à des agents pathogènes et une assez longue période de faible activité alimentaire.

## V. — FACTEURS DE PULLULATION ET DE NUISIBILITÉ

### A. — Facteurs climatiques et édaphiques

Les observations sur la biologie de l'Altise du Colza révèlent que l'Insecte est nuisible aux stades imaginal et larvaire. La pullulation larvaire est indépendante dans une large mesure de la population imaginale ; elle est liée à l'action conjuguée de plusieurs facteurs climatiques.

#### 1° Facteurs conditionnant la pullulation imaginale

Nous avons vu au chapitre précédent que la fécondité maximum se produisait sous une hygrométrie voisine de la saturation et à une température moyenne comprise entre 4 et 16°.

Ces conditions sont généralement remplies pendant la majeure partie de la période normale de ponte (c'est-à-dire, pour la région parisienne,

depuis le début de septembre jusqu'à la mi-décembre et de la troisième décade de février au mois de mai) et doivent donc permettre l'émission d'une fraction importante des ovocytes.

Les conditions climatiques de l'Ile de France entraînent un monovoltinisme obligatoire (p. 401). Il est incontestable que les adultes peuvent apparaître plus précocement dans les régions où le climat maritime est plus accusé ; les études expérimentales relatives à la rupture de la diapause laissent supposer qu'il pourrait y avoir une seconde génération partielle. Cette hypothèse a été formulée par KAUFMANN (1940) pour la côte Baltique mais ne semble pas avoir été confirmée.

La sensibilité des adultes aux facteurs thermiques et hygrométriques diffère fortement suivant qu'il s'agit d'Insectes se trouvant ou non en diapause. Les altises en estivation sont remarquablement résistantes aux températures élevées et aux faibles hygrométries (p. 436) : la mortalité a toujours été négligeable dans les lots maintenus en plein air durant tout l'été ; les fortes pluies orageuses tuent quelques Insectes.

Dès le début de la période d'alimentation, les altises sont beaucoup plus sensibles ; les actions conjuguées de fortes températures et de faibles hygrométries détruisent parfois une forte proportion d'individus à la fin de l'été et notamment dans le cas d'une précoce reprise d'activité (automne 1951). L'hiver n'est pas assez rigoureux dans la région parisienne pour occasionner une importante mortalité des imagos. Les études de laboratoire nous montrent d'ailleurs qu'une mortalité élevée ne se produit que par l'action prolongée d'une température inférieure à 0°. Les fortes pluies automnales, la fonte brutale des neiges, détruisent un assez grand nombre d'individus. Les observations effectuées en 1951 et 1952 montrent que le taux de mortalité reste faible jusqu'au printemps ; il augmente considérablement par les journées chaudes et sèches d'avril et de mai, la résistance des Insectes étant d'ailleurs amoindrie par suite de la ponte et de leur âge.

Les études effectuées par divers auteurs (KAUFMANN 1941, GODAN 1951) ainsi que par nous-mêmes montrent, qu'à une hygrométrie de 100 p. 100, les œufs peuvent subir sans dommage des températures moyennes ou basses. Nous avons pu conserver à 0° des œufs en vie pendant près d'une année. Des œufs isolés ont supporté sans inconvénient un séjour de 24 h à —5°. Le pourcentage ne diminue fortement qu'aux températures supérieures à 25°.

KAUFMANN et GODAN indiquent les pourcentages d'éclosion suivants :

26° : 100 p. 100 ; 28° : 50,8 à 86,9 ; 30° : 0 p. 100 (KAUFMANN).

22°5 : 90 p. 100 ; 25° : 80 p. 100 ; 30° : 10 p. 100 ; 35° : 0 p. 100 (GODAN).

Nous n'avons pu obtenir d'éclosion au-dessus de 28°. Aux tempé-

ratures comprises entre 22° et 25°, une partie des larves ne parviennent pas à percer la coque de l'œuf, mais se pigmentent ; l'œuf prend alors une coloration noirâtre. A partir de 25 et surtout de 27° la mortalité est précoce et a lieu au stade embryonnaire.

Les œufs ne peuvent se développer et éclore que dans un milieu où l'humidité relative est constamment voisine de la saturation. Les pontes ont généralement lieu à une époque de l'année où l'hygrométrie à la surface du sol est presque toujours de 100 p. 100. Il n'est guère que les pontes précoces (fin août) et tardives (mai) qui puissent avorter par suite de la sécheresse ; l'attaque larvaire a été retardée en 1951 en raison de la rareté des précipitations au début du mois de septembre.

L'hiver n'est pas suffisamment rigoureux dans l'Ile de France pour occasionner une forte mortalité des œufs, à l'exception de ceux qui sont déposés à la surface du sol et qui sont exposés pendant plus de quatre mois à la pluie, à la neige et au gel.

Les larves néonates font preuve d'une résistance remarquable aux facteurs abiotiques ; elles peuvent supporter, sans s'alimenter, des températures de 0 à 16° pendant plusieurs jours et séjourner sans inconvénient dans l'eau ; elles sont capables d'effectuer des déplacements de plus de 50 cm ce qui leur permet de trouver presque certainement un pied de Colza.

MEUCHE (1940), DOSSE (1940), KAUFMANN (1941), GODAN (1949) ont étudié la résistance des larves de différents âges au froid, à l'immersion, à la famine et à l'asphyxie. La résistance croît avec l'âge larvaire. Dans un champ, toutes les larves au troisième âge étaient vivantes après une période froide d'une vingtaine de jours où la température minimum a été de —14° ; après un froid de —25° toutes les larves au premier âge, et 50 p. 100 des larves au 2e âge étaient mortes.

La neige assure une très bonne protection à la plante et aux larves. MEUCHE a remarqué qu'un froid de —16° a détruit une faible proportion de larves dans les régions sèches alors que toutes les larves étaient tuées dans les zones humides ; ces différences sont probablement attribuables à l'éclatement des tissus végétaux. Il n'y a jamais eu de froid aussi rigoureux au cours de nos recherches et le pourcentage de mortalité durant la période hivernale a toujours été négligeable. Nous n'avons observé que quelques larves mortes dans des pétioles dépérissants détruits par le gel.

Nous avons également observé au laboratoire que ces larves peuvent supporter très longtemps (40 à 50 jours au moins) des températures voisines de 0°, c'est-à-dire inférieures au seuil de développement ; cette remarquable résistance à l'inanition leur permet de supporter facilement les conditions climatiques de l'Ile-de-France. En Allemagne, par contre, le froid peut modifier fortement la population larvaire ; au cours

de l'hiver 1939-1940, qui fut particulièrement rigoureux, il a été relevé une mortalité de 97 p. 100 dans le Ostholstein (MEUCHE) et de 80 à 90 p. 100 dans le Würtemberg (DOSSE).

Les larves sont également très résistantes aux hautes températures, cette résistance semblant augmenter avec l'âge (1er et 2e âges : 32°, 3e âge : 34°) ; ces températures ne sont jamais atteintes dans les conditions naturelles.

Les prénymphes et les nymphes constituent les stades les plus sensibles aux facteurs climatiques et édaphiques. Elles exigent un sol humide mais suffisamment aéré et sont aussi sensibles à l'excès d'humidité qu'à la sécheresse ; de fortes mortalités ont été notées en terre battante et par les printemps humides (Versailles 1950) ; nous avons constaté l'absence totale d'altises en Sologne (1951) sur des sols très sablonneux.

Nous avons placé des larves migrantes dans des pots contenant du sable humide ou du sable humide mélangé pour moitié à de la terre argilo-siliceuse. Ces pots ont été conservés à 18° sans arrosage. Nous n'avons pas retrouvé de nymphes vivantes dans les pots de sable ; dans les autres, toutes les nymphes étaient vivantes et s'étaient confectionnées des logettes avec la terre argileuse. Toutefois, les adultes eurent beaucoup de difficultés à percer la paroi desséchée de la loge nymphale et moururent en grand nombre.

En règle générale, la mortalité est d'autant moins élevée que les possibilités d'hydratation et de déshydratation du sol sont plus limitées ; elle est importante dans les sols sablonneux dont l'humidité n'est pas entretenue par des précipitations faibles et fréquentes ou une forte hygrométrie de l'air (cas de la plaine centrale allemande) dans les sols argilo-siliceux ou calcaires soumis à de fortes précipitations (mortalité par asphyxie, Versailles 1950) ou à une sécheresse accusée (mortalité à l'éclosion).

Les prénymphes sont très sensibles au gel ; au-dessous de 8°, le développement nymphal se poursuit difficilement de façon normale quoique le seuil thermique soit beaucoup plus faible ; il est d'ailleurs exceptionnel que des larves migrent au sol avant la fin du mois de janvier. Il est incontestable que ,dans les régions où les facteurs climatiques permettraient la migration à la fin de l'automne, cette sensibilité des prénymphes et des nymphes au froid constituerait un facteur limitant les possibilités d'éclosion précoce au printemps et l'apparition d'une seconde génération partielle.

En résumé, l'Altise du Colza présente à tous les stades une remarquable adaptation aux conditions climatiques de la moitié septentrionale de la France. La stabilité de la fécondité et de la longévité dans une gamme thermique étendue et adaptée aux conditions automnales et post-hivernales permet à l'animal de pondre la majeure partie de ses

ovocytes. Les conditions climatiques de notre pays (à l'exception de quelques contrées de l'Est) ne permettent pas une destruction élevée d'un stade quelconque, les stades les plus sensibles n'apparaissant qu'à la fin de l'hiver ; elles exercent cependant une certaine action mais les variations sont faibles d'une année à l'autre. Ces faits expliquent la constance et l'importance des pullulations imaginales dans notre pays ; des conditions édaphiques particulières liées à des précipitations trop faibles ou trop abondantes peuvent, dans quelques régions et certaines années, limiter considérablement la pullulation de l'Altise (sols non aérés ou desséchés en mai-juin).

### 2° Facteurs de la nuisibilité larvaire

L'étude de la biologie larvaire et des dégâts nous a montré que la pullulation larvaire est dangereuse lorsque la densité larvaire par pied est élevée et lorsqu'il existe parmi ces larves une forte proportion de $L_3$.

A ces causes d'ordre parasitaire se superposent des facteurs purement végétatifs (port et croissance de la plante) et climatiques (temps doux favorisant les éclosions et les migrations larvaires ainsi que le développement de maladies cryptogamiques ou bactériennes).

Étant donné l'importance minime et la régularité des facteurs de destruction embryonnaire et larvaire, la relative constance numérique des pullulations imaginales et le faible parasitisme aux premiers stades de développement, c'est principalement parmi les facteurs contrôlant l'intensité de la ponte, le développement embryonnaire et larvaire qu'il convient de rechercher les causes des fluctuations anuelles et locales.

La majorité des Insectes ont un développement printanier ou estival, c'est-à-dire que leur cycle et la croissance de leurs descendants se poursuivent sous des conditions thermiques progressivement croissantes. Si la ponte débute tardivement, il y a une très forte probabilité pour qu'elle soit suivie d'un développement embryonnaire et larvaire accéléré qui atténuera l'écart initial par rapport à la normale. Dans le cas où la ponte s'échelonnera sur une assez longue période, l'intervalle de temps qui séparait la date de la première et de la dernière pontes va se réduire progressivement à chacun des stades ultérieurs. Finalement, les écarts existant entre les descendants d'une femelle, ou encore les fluctuations du cycle biologique d'une année à l'autre ou d'une région à l'autre seront très faibles eu égard aux différences initiales. Il faudra des écarts climatiques durables et accusés pour modifier fortement le cycle dans le temps ; en mettant à part ces cas exceptionnels, il y aura donc, pour une période de temps donnée, une homogénéité de plus en plus élevée des stades de l'Insecte considéré et d'autant plus forte que ces stades seront plus avancés.

L'Altise du Colza constitue un cas tout différent ; la ponte débute en septembre et se poursuit jusqu'en novembre et même décembre, c'est-à-dire sous des conditions thermiques progressivement décroissantes. Les pontes seront donc de moins en moins abondantes et leur développement ultérieur sera de plus en plus lent, jusqu'à devenir nul lorsque le seuil thermique sera atteint. L'écart existant entre les dates du début et de la fin des pontes automnales va s'amplifier au cours des stades ultérieurs ; il va donc se produire au cours de la période hivernale un étalement des stades biologiques. Tout écart thermique par rapport aux conditions moyennes modifiera l'état de la population d'une façon d'autant plus marquée qu'il se produira de façon plus précoce et plus durable. Suivant la date du début de ponte, les conditions climatiques post-estivales et automnales, il pourra y avoir des $L_3$ ou aucune larve dans les plantes avant l'hiver ; à partir de la mi-février ou de la fin de ce mois le développement des œufs et des larves se fait sous des conditions thermiques progressivement croissantes.

L'action simultanée des conditions automnales et post-hivernales est schématisée sur le graphique inférieur de la figure 61. Il a été porté sur la ligne des ordonnées les sommes de températures effectives par décades à partir de dates échelonnées (ces sommes, ne pouvant être effectivement calculées entre novembre et avril, la température moyenne étant inférieure au seuil thermique, ont été estimées d'après l'accroissement larvaire observé en plein air). En raison de la diminution rapide de la température à l'automne, seuls les œufs pondus entre le 1er et le 15 septembre pourront éclore dans le courant de l'automne ; les œufs pondus entre le 15 septembre et le 10 octobre ne pourront terminer leur développement qu'à la fin du mois de mars ; un décalage de la ponte de 25 jours se traduira par un retard de 150 jours à l'éclosion. Inversement, l'augmentation rapide de la température qui se produit au printemps a pour conséquence de réduire les écarts initiaux entre les dates des pontes qui ont eu lieu entre novembre et avril, soit 150 jours au maximum, à 30 jours, et de permettre le passage du 2e au 3e âge en 8 jours seulement.

L'automne 1953 fut très froid, ce qui retarda considérablement la maturation des femelles. La ponte automnale fut très faible ; une importante proportion d'adultes survécut à un hiver particulièrement doux et put pondre une quantité anormalement élevée d'œufs de février à avril. Le graphique supérieur de la figure 61 donne la courbe cumulative de ponte observée en plein air ; on voit que toutes les larves sont parvenues au troisième âge en une quinzaine de jours. Bien que le Colza eût atteint une grande taille, la densité larvaire fut extrêmement élevée (10 à 20 larves par pied) ce qui entraîna des dégâts sensibles par suite du développement tardif de *Phoma* (favorisé par la pluviosité importante des mois d'avril et mai). En règle générale, l'arrêt physiologique précoce de la

ponte automnale, la mortalité embryonnaire dans le cours de l'hiver aboutit à une raréfaction des éclosions post-hivernales ; 70 à 80 p. 100 des femelles meurent avant la reprise de la ponte printanière et celles

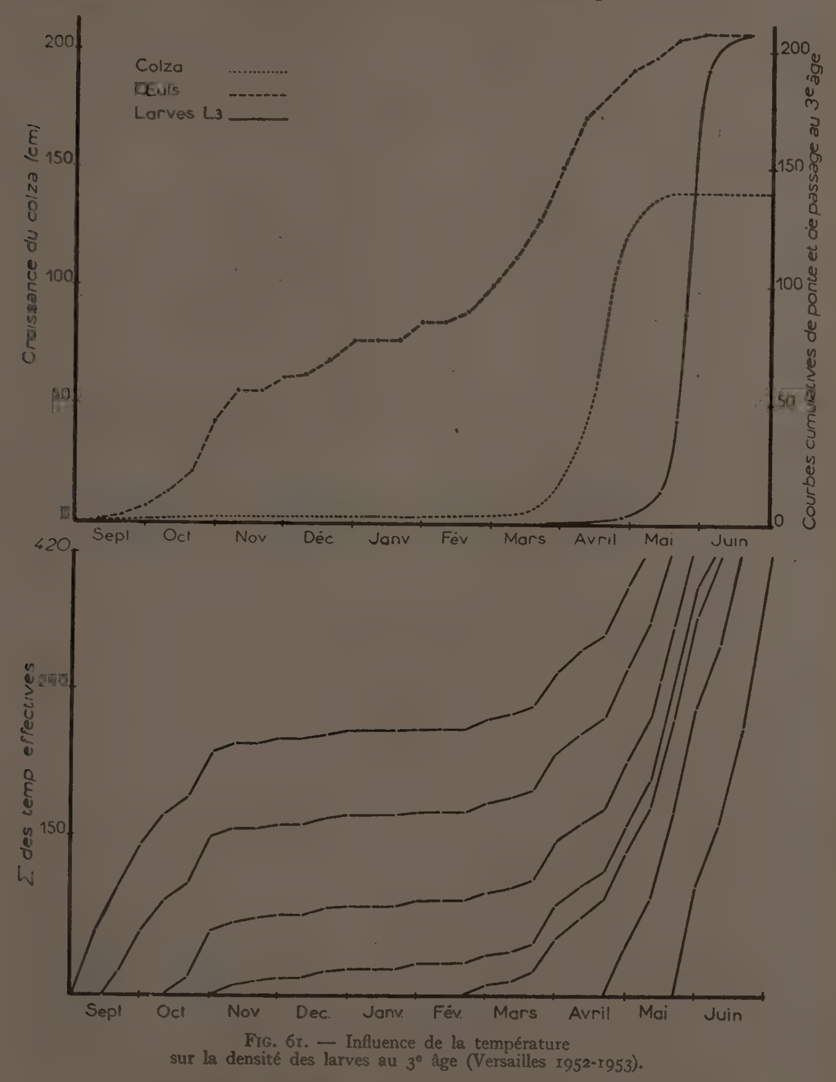



FIG. 61. — Influence de la température sur la densité des larves au 3e âge (Versailles 1952-1953).

qui survivent n'émettent que 4 à 10 p. 100 de la ponte totale ; il est donc exceptionnel que la densité de la population printanière soit élevée.

Dans la plupart des cas, les dégâts importants sont dus à l'apparition d'une densité élevée de larves au 3e âge à la fin de l'hiver (fin février,

début mars) (voir p. 396). Cela se produit lorsque la fin de l'été et le début de l'automne sont suffisamment chauds ; nos observations biologiques, poursuivies pendant plusieurs années consécutives, ont montré que, dans la région parisienne, l'accroissement de la population est négligeable à partir du mois de novembre et, qu'à cette date, le troisième âge larvaire peut être considéré comme le stade maximum de développement. Par ailleurs l'importance de la densité larvaire est liée à la douceur de l'automne.

Nous nous sommes efforcés de concrétiser ces résultats en nous basant sur les expériences de laboratoire relatives à la fécondité, au développement embryonnaire et larvaire. Ces estimations sont facilitées par le fait que la croissance embryonnaire et larvaire ont le même seuil thermique théorique (7°) et ont des fonctions (paraboles) sensiblement identiques entre 7 et 20°. Dans ces limites, la somme des températures effectives est de 150° pour le développement embryonnaire et de 140° pour le développement de L1 et L2.

Ces chiffres peuvent être utilisés sans difficulté jusqu'à la fin du mois d'octobre ; au-delà de ce mois, la température minimum, puis la température moyenne devenant inférieures au seuil thermique, les calculs de sommes de température deviennent beaucoup plus ardus et ne correspondent généralement pas aux faits.

L'estimation la plus délicate est celle de la température réelle subie par l'œuf d'une part et la larve d'autre part. Il semblerait que l'indice actinométrique pris à 0 cm ou à 5 cm sur sol couvert se rapprocherait le plus de la vérité. En fait la température réelle à laquelle est soumise l'œuf ou la larve doit s'éloigner assez fortement de ces chiffres par suite de phénomènes de conductibilité et de la coloration. Il nous a donc semblé préférable d'utiliser la température moyenne à 2 m sous abri qui diffère faiblement, en cette saison, des indices actinométriques, et qui est d'un emploi beaucoup plus général. Nous avons contrôlé durant l'année 1951 si ces données concordaient avec les résultats pratiques et nous avons constaté que les différences étaient assez faibles.

L'estimation de la ponte est basée sur la vitesse de maturation et la fécondité moyenne journalière déterminées par des essais de laboratoire soit :

| Température | Vitesse de maturation | Ponte |
|---|---|---|
| 18° | 7 j | 6 œufs par jour |
| 16° | 10 j | 3,8 |
| 12° | 20 j | 2,3 |
| 8° | 40 j | 1,5 |
| 4° | | 0,6 |

Les larves les plus avancées (2e et 3e âges) proviennent toujours de pontes très précoces dont le nombre n'est pas influencé par la mortalité des femelles et l'arrêt physiologique de la ponte. En nous basant sur nos

résultats expérimentaux nous avons limité les possibilités de ponte pré-hivernale à 150 œufs. Nous avons négligé la mortalité imaginale, son évaluation étant difficile, et l'estimation des œufs et des larves au premier âge n'ayant qu'un intérêt très limité.

Nous avons d'abord effectué nos calculs en admettant que toutes les femelles étaient parvenues à maturité le 1[er] septembre de chaque année ; nous avons ensuite établi un correctif en tenant compte, d'une part, de la date exacte de la reprise d'activité à Versailles, et d'autre part, de la vitesse de maturation ; elle a été en moyenne de 7 jours en 1949 (température moyenne : 19°-25°), de plus de 15 jours en 1950 (température moyenne : 13°3), de 8 à 10 jours en 1951 (température moyenne : 17°5) et de plus de 50 jours en 1952, compte tenu de l'échelonnement des reprises individuelles d'activité.

## Tableau VIII

*Températures moyennes par décades à 2 m sous abri (1), ponte théorique calculée par décades (2), ponte théorique corrigée (pourcentage de maturation, arrêt physiologique de la ponte) (3) et sommes des températures effectives par décades (4) en 1949, 1950, 1951 et 1952.*

| | 1949 | | | | 1950 | | | | 1951 | | | | 1952 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Sept. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-10 | 19,25 | 70 | 0 | 122,5 | 15,96 | 38 | 0 | 89,6 | 17,82 | 60 | 15 | 108,2 | 13,11 | 27 | 1 | 61,4 |
| 10-20 | 16,95 | 45 | 20 | 99,5 | 14,28 | 31 | 8 | 72,8 | 15,19 | 40 | 38 | 91,9 | 11,14 | 21 | 2 | 41,4 |
| 20-30 | 18,92 | 65 | 80 | 111,9 | 12,34 | 23 | 18 | 53,4 | 13,8 | 30 | 30 | 68,0 | 11,14 | 21 | 4 | 41,4 |
| Oct. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-10 | 14,07 | 30 | 50 | 70,7 | 13,35 | 27 | 27 | 63,5 | 11,51 | 21 | 22 | 45,1 | 9,49 | 16 | 6 | 24,9 |
| 10-20 | 15,73 | 36 | 10 | 87,3 | 11,60 | 22 | 22 | 46 | 9,4 | 16 | 15 | 24,0 | 8,59 | 13 | 8 | 15,9 |
| 20-30 | 8,76 | 13 | 0 | 17,6 | 6,5 | | | | 8,14 | 13 | 7 | 11,4 | 11,60 | 22 | 22 | 46 |
| Nov. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-10 | | | | | | | | | 10,05 | 18 | 10 | 30,5 | 7,37 | 11 | 11 | 3,7 |
| 10-20 | | | | | | | | | 9,47 | 17 | 3 | 24,7 | | 13 | 13 | |
| 20-30 | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | |

Le graphique n° 62 explique le mode d'estimation de la proportion d'œufs et de larves aux différents âges. En nous basant sur le fait qu'à partir de la fin octobre ou du début de novembre, l'évolution de la population est pratiquement nulle, nous établissons la courbe inversée des sommes de températures effectives d'octobre et de septembre (fig. 62 en haut et à gauche). Les abscisses correspondant aux ordonnées 150 et 290° donneront la date de ponte des derniers œufs susceptibles de donner soit des larves de 1[er] et de 2[e] âges, soit des larves de 3[e] âge. Si nous portons

sur le même graphique la courbe de ponte par décade, nous aurons un diagramme de la population à l'entrée de l'hiver. Sur le graphique de gauche, nous avons porté la courbe cumulative de ponte (en trait plein) et les sommes de températures effectives à partir du 1[er] septembre, de la première ponte, des dernières éclosions et des dernières mues du

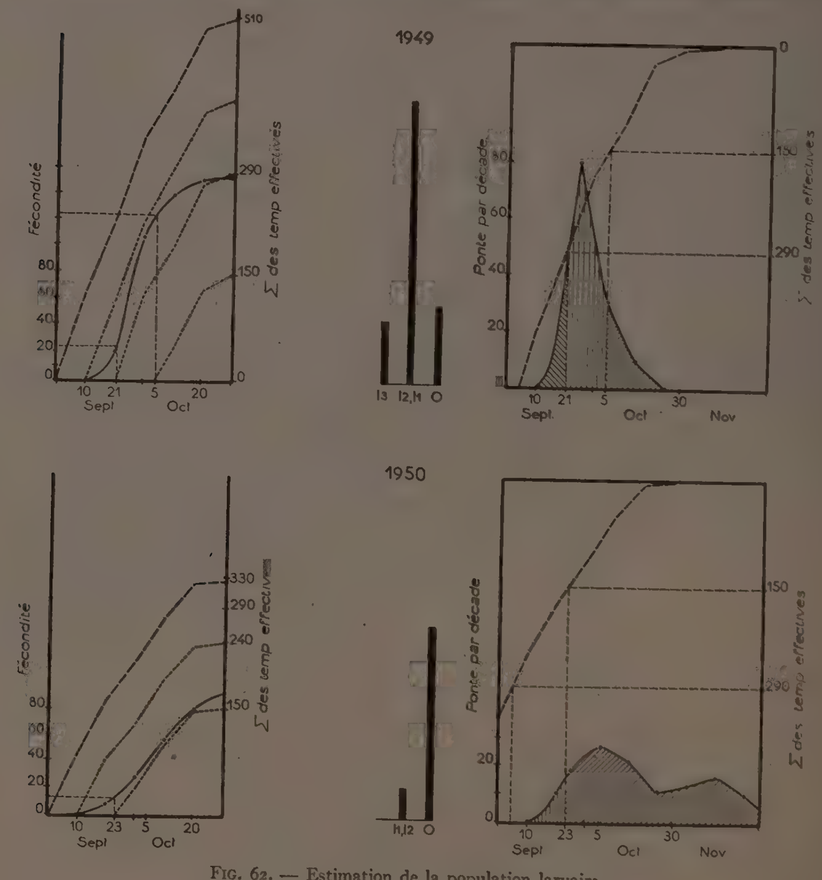



FIG. 62. — Estimation de la population larvaire en fonction des conditions thermiques automnales, 1949-1950.

2[e] âge préhivernales. L'ordonnée de la courbe cumulative de ponte correspondant à l'abscisse de la dernière éclosion et de la dernière mue donne respectivement le nombre total de larves $L_1 + L_2 + L_3 = 123$, le nombre de $L_3 = 22$ (soit 101 $L_1 + L_2$) et le nombre d'œufs non éclos $(150 - 123 = 27)$. Ces résultats sont reportés sous forme de colonnes au centre de la figure.

Si nous admettons que la ponte a commencé, pour l'ensemble des

femelles, le 1er septembre des années 1949 à 1952 nous constatons en nous basant sur les données du tableau précédent et en tenant compte de l'arrêt physiologique de ponte :

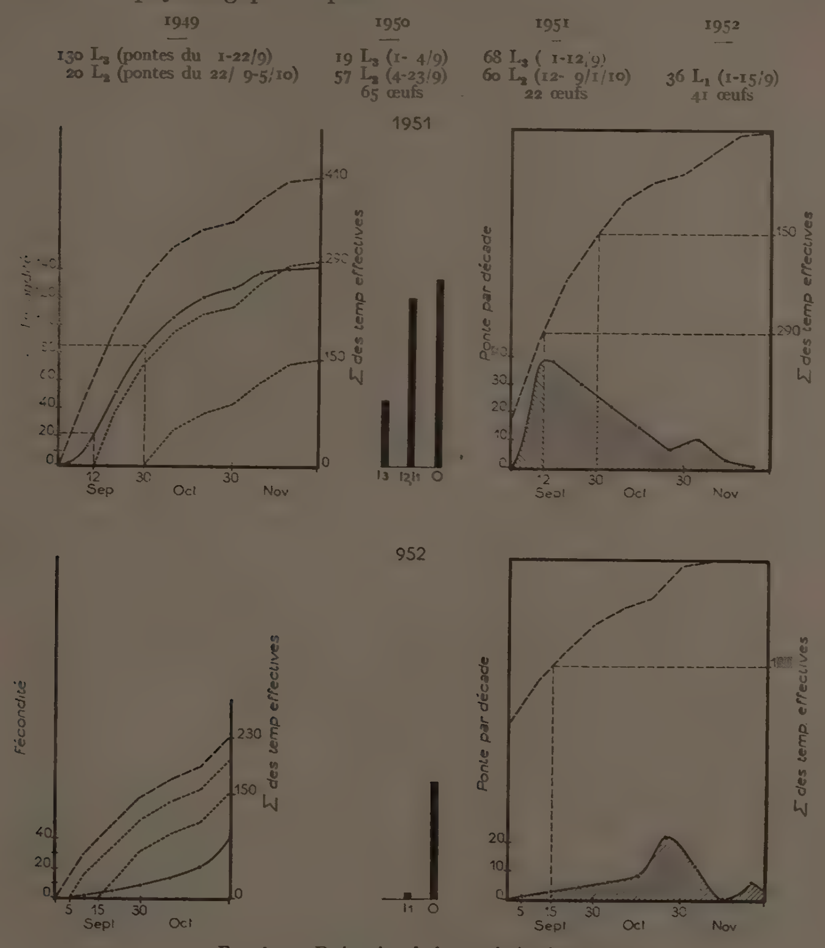



FIG. 63. — Estimation de la population larvaire en fonction des conditions thermiques automnales, 1951-1952.

Les conditions climatiques des mois de septembre et octobre peuvent ainsi provoquer des écarts considérables pouvant aller de l'absence complète des $L_2$ et $L_3$ à une population hivernale composée presque exclusivement de ces larves. Ces données théoriques correspondent assez bien aux observations faites dans de nombreux champs de la région parisienne : dégâts considérables et généralisés en 1949, faibles en 1950, localisés en 1951, nuls en 1952.

Ces fluctuations sont encore accentuées par les variations de la date de reprise d'activité et de la ponte générale. En tenant compte de ces nouvelles données, les populations larvaires et embryonnaires s'établissent comme suit :

| 1949 | 1950 | 1951 | 1952 |
| --- | --- | --- | --- |
| 22 $L_3$ | | 23 $L_3$ | |
| 101 $L_1 + L_2$ | 12 $L_1 + L_2$ | 30 $L_1$ + 30 $L_2$ | 2 $L_1$ |
| 27 œufs | 68 œufs | 67 œufs | 41 œufs |

La précocité de la reprise de l'activité observée en 1951 aurait dû avoir pour conséquence d'entraîner des pertes presque aussi importantes qu'en 1949 mais les 2e et 3e décades de septembre ayant été anormalement chaudes et sèches, la ponte et l'éclosion furent notablement réduites. Pour les autres années, les chiffres ci-dessous coïncident sensiblement avec les invasions larvaires observées. Ils nous permettent de vérifier l'importance de la date du semis sur la densité de la population larvaire, les premières pontes et les migrations ayant lieu après la levée du Colza. C'est ainsi qu'à Moissy-Cramayel, où la reprise générale d'activité et le début de la ponte ont été notés le 5 septembre 1951, les populations embryonnaires et larvaires s'établissaient comme suit à la date du 1er novembre :

| Repousses | Semis du 4 septembre (levée le 12 septembre) | Semis du 16 septembre (levée le 1er octobre) |
| --- | --- | --- |
| 99 $L_3$ | | |
| 25 $L_1 + L_2$ | 20 $L_1 + L_2$ | 0 $L_1$ |
| 75 œufs | 75 œufs | 60 œufs |

Des différences encore plus accusées se produisent dans les régions où la reprise d'activité a lieu tardivement, car la maturation s'effectuera sous des conditions thermiques plus proches du seuil thermique, ce qui augmentera fortement les écarts entre les dates de début de ponte et ensuite de développement embryonnaire. C'est ainsi qu'à Moissy, où la ponte a débuté le 5 septembre 1951, nous avons relevé un pourcentage élevé de larves au 2e âge en novembre, alors qu'à Crécy-Couvé où la ponte n'a débuté qu'à la fin du mois de septembre, le calcul nous montre qu'il n'y aura aucune éclosion avant la fin de l'hiver ce qui a été confirmé par l'observation (fig. 32).

Il est donc possible de déterminer d'une façon suffisamment précise l'importance de la population larvaire à la fin du mois de novembre à la condition de connaître la date de la reprise générale d'activité, la date de levée du Colza, la température moyenne par décade à 2 m sous abri, et de faire intervenir éventuellement l'action de facteurs adverses (climat chaud et sec en septembre). Des dégâts importants seront à craindre lorsqu'il y aura à partir du début de la ponte une période d'une vingtaine de jours où la température moyenne sera au moins égale à 17° et que la somme des températures effectives (température-seuil = 7°) sera supérieure à 290 degrés-jours avant l'hiver.

## B. — Facteurs biotiques

### 1° Influence du végétal

La maturité des ovaires est conditionnée par une alimentation abondante dès la reprise de l'activité ainsi que nous avons pu le constater tant par des expériences de laboratoire que par des observations en plein champ. Les adultes peuvent jeûner sans inconvénient pendant 1 à 2 semaines ; s'ils disposent d'une nourriture abondante, la maturité des ovaires pourra se produire en une semaine alors qu'elle exigera plusieurs semaines si l'alimentation est irrégulière.

Nous n'avons pas étudié l'influence de l'espèce de plante-hôte sur la fécondité des adultes ; nous avons seulement constaté le 23 octobre dans un champ de comportement où du Colza, de la Navette et de la Moutarde avaient été semés côte à côte et le même jour, une très forte concentration d'adultes sur la Navette, moins importante sur le Colza et encore plus faible sur la Moutarde blanche ; il n'a pas été vu d'adultes sur la Moutarde noire et le Chou. D'une façon générale, le plus grand nombre de larves est trouvé sur la Navette.

Nous avons élevé au laboratoire des larves sur le Colza, la Navette et le Chou ; nous n'avons pas constaté de différences significatives en ce qui concerne la rapidité de croissance larvaire.

Le port et la sensibilité aux agents cryptogamiques des diverses variétés de Crucifères oléagineuses interviennent sur la pullulation larvaire. Chez la variété de Colza « Parapluie », qui est très élevée et peu feuillue à la base à la fin de l'hiver, les larves sont souvent obligées de se concentrer dans l'épiderme de la tige ce qui entraîne une mortalité assez importante. Chez les variétés sensibles au *Phoma*, la tige est rapidement envahie par le Champignon, ce qui entraîne la mort d'un grand nombre de larves, celles-ci ne pouvant se développer dans les tissus envahis par le mycélium.

Nous n'avons pas constaté de différences significatives en ce qui concerne la résistance à l'attaque propre de l'Altise entre les différentes variétés de Colza à l'exception de la variété « Parapluie ».

### 2° Prédateurs et parasites

L'Altise du Colza est parasitée à ses différents stades par des Champignons, des Bactéries, des Grégarines, des Nématodes, des Acariens ou des Hyménoptères.

Les embryons ou les larves néonates sont parfois détruits par des Bactéries colorables par le Giemsa ; elles ont l'aspect de Diplocoques

d'une longueur moyenne de 2 μ et larges de 0,5 μ ; nos élevages en boîte de Pétri ont été décimés à plusieurs reprises par cette Bactérie. Des Bactéries présentant les mêmes caractères morphologiques ont été trouvées dans des larves de différents âges récoltées à Angerville en novembre et décembre 1951. La larve est gonflée ; elle ne mange plus, se déplace peu, devient hyaline puis brunâtre. Dans les élevages en boîte de Pétri, la larve sort fréquemment de la tige de Colza, effectue des déplacements de quelques mm puis s'immobilise et meurt ; il s'écoule un liquide blanchâtre bourré de Bactéries et il ne subsiste finalement que l'épiderme et les parties chitinisées.

Des essais d'infection furent réalisés en plongeant des larves de différents âges dans des suspensions aqueuses de Bactéries ; les larves furent ensuite élevées à une température moyenne de 16°. Presque toutes les larves au premier âge ne tardèrent pas à mourir ; quelques larves au deuxième âge périrent entre le 4e et le 15e jours après l'expérience et aucune des larves du troisième âge ne fut infectée. Les larves minant isolément les tiges de Colza, la dissémination de cette affection doit être extrêmement faible dans les conditions naturelles.

Durant la période hivernale, nous avons trouvé des larves tuées par des Champignons (Entomophtorales) présentant les mêmes caractères que ceux signalés par MEUCHE (1940).

Au cours de l'automne, les larves sont parasitées par des *Ichneumonidae* ou des *Braconidae*. PERRIS (1876) a signalé un parasitisme élevé dû à *Eubadizon coxalis* dans le midi de la France ; nous n'avons pas observé cet Insecte dans la région parisienne. MEUCHE (1940) a mentionné quelques cas de parasitisme par un Ichneumonide *Ophioninae* : *Temelucha carinifera* THOMS en Ostholstein ainsi que par un Braconide : *Diospilus capito* NEES près de Bonn-Poppelsdorf. GODAN (1950) a obtenu dans ses élevages un exemplaire de *Diospilus morosus* REINHARDT aux environs de Berlin. Ces différents Diospilinés ont été signalés au printemps sur d'autres larves de Coléoptères nuisibles aux Crucifères : *Diospilus capito* sur *Meligethes aeneus* et *D. morosus* sur *Phyllotreta nemorum* ; d'après BORNER (1942) il y aurait pour *D. capito* une alternance saisonnière d'hôte entre *Meligethes aeneus* et *Ceuthorrhynchus Leprieuri* BRIS.

Nous avons trouvé en novembre 1951 et 1952 aux environs de Versailles et d'Angerville quelques larves (0,4 p. 100) parasitées par *Temelucha carinifera* (1). Le taux de parasitisme des *Diospilus* a été assez élevé en 1951 ; 6 p. 100 des parasites étaient des *D. morosus*, les autres appartenaient à une espèce nouvelle, voisine de *D. capito* (1).

La proportion des larves parasitées était très variable suivant les endroits ; elle était de 80 p. 100 à Vaux-sur-Seine, de 10 p. 100 aux envi-

(1) Déterminations dues à l'obligeance de M. C. FERRIÈRE.

rons de Reims et de 3 p. 100 à Angerville. Il est à remarquer que les larves parasitées étaient celles qui étaient au 3e âge ou à la fin du 2e âge en novembre ; à Vaux-sur-Seine, toutes les larves étaient à la fin du 2e âge ou au 3e ; à Reims, il y avait 12 p. 100 de larves au 3e âge alors qu'à Angerville la population larvaire était de 5 p. 100 de L3, 50 p. 100 de L2 et 45 p. 100 de L1. Ces faits permettent de supposer que la ponte des *Diospilus* cesse dès les premiers froids et que le parasitisme n'est important que lorsque la température est suffisamment élevée à la fin septembre ou au début d'octobre ; l'automne 1952 fut très froid et les larves naquirent tardivement ; il fut relevé en moyenne 1 *Diospilus* sp. et 1 *Temelucha* pour 100 larves.

Au cours du mois de mars 1953, nous avons observé à Versailles que près de 60 p. 100 de la population larvaire, composée en majorité de larves du premier âge, avait été détruite par un Ichneumonide *Ophioninae* déterminé par le Dr. FERRIERE comme étant une espèce nouvelle appartenant au genre *Thersilochus*.

Tous ces *Ichneumonoïdea* ont sensiblement la même biologie ; leur croissance larvaire s'effectue pendant la vie larvaire et prénymphale de l'hôte ; celui-ci migre normalement au sol. La larve du parasite abandonne son hôte au moment où ce dernier devrait se nymphoser et se pupifier dans un cocon.

A une température moyenne de 16°, les *Temelucha* et les *Diospilus* deviennent adultes quelques jours plus tôt que les altises ; en plein air, ils éclosent vraisemblablement dans le courant du mois de mai ; *Thersilochus* reste en diapause imaginale dans son cocon jusqu'à la fin de l'hiver.

Les prénymphes et les nymphes sont parfois attaquées par des Nématodes ; dans les élevages de laboratoire, le taux de parasitisme n'a jamais dépassé 5 p. 100. Les caractères pathologiques n'apparaissent qu'au cours de la croissance nymphale et revêtent deux aspects très différents. Dans le premier cas, qui est exceptionnel, la nymphe prend une couleur jaune citron identique à celle des larves de Meligèthe attaquées par des larves de *Mermithidae* ; la cavité générale d'une nymphe parvenue à la moitié de son développement renfermait un Nématode adulte femelle d'une longueur de 3 mm et une vingtaine de larves dont la taille variait entre 250 et 900 μ. Dans le second cas, la nymphe est plus étroite qu'une nymphe normale et son abdomen est plus long ; elle prend une coloration beige grisâtre ; le Nématode adulte a une longueur de 600-650 μ et appartiendrait, d'après M. RITTER, au genre *Parasitorhabditis*.

MEUCHE (1940) a trouvé dans les larves de *P. chrysocephala* des *Hexamermis* (dét. W. SCHNEIDER) ; ils resteraient dans l'hôte au moment de la nymphose de ce dernier. Nous avons trouvé dans la cavité générale

d'un imago quelques larves d'un Nématode non identifié. Les diverses espèces de Nématodes ont une action frénatrice extrêmement réduite.

Nous avons récolté à plusieurs reprises et après de fortes précipitations (Crécy-Couvé : juillet 1951 ; Versailles : septembre à décembre 1951, janvier 1952; Angerville : octobre 1952) des altises adultes tuées par des Muscardines. La cavité générale de l'Insecte était complètement remplie de filaments mycéliens formant un réseau dense et très dur ; des fructifications conidiennes enveloppaient complètement les pattes antérieures et moyennes ainsi que les pièces buccales ; il n'a jamais été observé d'épidémie en plein champ. Ces Champignons ne se sont développés au laboratoire que dans les élevages réalisés avec une forte hygrométrie et seulement sur des Insectes affaiblis par une longue période de ponte (février et avril) ; les fructifications apparaissent en premier au pygidium ou aux sutures thoraciques ; une femelle élevée à 20° et ayant pondu entre le 1[er] et le 20 mars présenta les premiers symptômes le 5 avril et mourut le 16 avril.

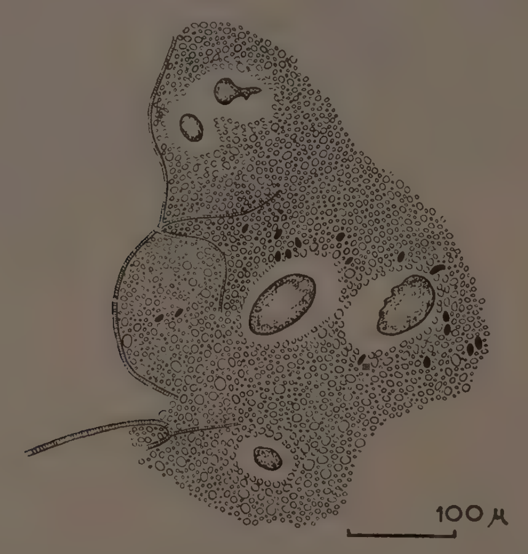



FIG. 64. — Kystes observés dans le tissu adipeux au voisinage du vagin.

Durant les mois de janvier et de février 1952 nous avons trouvé, dans les élevages de laboratoire ainsi que dans les cultures de Colza du Centre de Recherches, des altises dont le tissu adipeux péricardial et pygidial était fortement brunâtre. Au voisinage du vagin et de la spermathèque, le tissu adipeux était parsemé de kystes noirâtres de taille variable et aux contours irréguliers (fig. 64) ; les Insectes parasités ne pondaient plus.

L'un des parasites les plus fréquents et les plus actifs des altises adultes est une Grégarine : *Gregarina Munieri* SCHNEIDER signalée par KAUFMANN (1923) et MEUCHE (1940). Ce parasite a décimé nos élevages de laboratoire et, ainsi que nous l'avons vu p. 392, il détruit parfois une forte proportion d'altises placées dans des conditions naturelles. Cette infection ne se développe fortement qu'à la fin novembre sur les Insectes affaiblis par une longue période de ponte automnale ; il peut n'y avoir aucun développement de Grégarines lorsque la ponte automnale est faible (1952). Une infection précoce et généralisée a été obtenue en concentrant au début de septembre plusieurs centaines d'Insectes sur de vieux pieds de Colza. L'intestin moyen des Insectes infectés depuis quelque temps est très volumineux et prend une coloration jaune orangé due à l'accumulation de céphalins de toutes dimensions ; les différentes phases du cycle s'observent de l'intestin moyen à l'anus. Dans l'intestin moyen se trouvent les gamontes isolés puis accouplés ; les kystes, orangés et d'un diamètre moyen de 200 μ sont peu nombreux (1 à 3) ; ils se trouvent à des hauteurs variables dans l'intestin postérieur et sont rejetés avec les excreta sur les feuilles.

L'Insecte parasité ne s'alimente plus ; le tissu adipeux disparaît complètement et la ponte cesse. La coloration des ovocytes se fait à un stade précoce ; les ovarioles ne présentent plus une succession régulière d'ovocytes ; tous les ovocytes dont le diamètre est supérieur à 240 μ sont désorganisés. 15 femelles dont la ponte était normale, ont été élevées isolément à partir du 14 novembre 1951 à 18° et à une humidité relative de 100 p. 100 sur du papier-filtre humide qui avait été utilisé pour l'élevage d'Insectes malades ; quelques Insectes cessèrent de pondre dès le 16 novembre ; il n'y avait plus de ponte le 22 novembre, soit le 8e jour après le début de l'expérience ; les premiers morts furent notés le 20 novembre.

MEUCHE a signalé la présence de larves de *Thrombidium holosericum L.* sous les élytres ; nous en avons également observé sur un petit nombre d'altises ; leur présence ne paraît pas gêner l'activité des Insectes.

KAUFMANN (1923) a trouvé des larves de *Perilitus* sp. (vraisemblablement *Perilitus melanopus* RUTHE) qui occasionnent la castration des altises. Son rôle économique semble négligeable dans la région parisienne. *P. chrysocephala* peut être parasité par deux générations successives (et peut-être davantage) de cet Hyménoptère. Une larve en fin de développement est sortie le 16 août 1952 d'une Altise femelle récoltée le 15 juin à Angerville et élevée au laboratoire à 20° ; la ponte avait vraisemblablement eu lieu dans la première quinzaine de juin. Une autre femelle, récoltée le 15 octobre 1952 à Angerville et élevée à la température moyenne de 18°, fut disséquée le 3 novembre ; elle était parasitée par une larve au premier âge de *Perilitus* entourée de nombreux sphérules blanchâtres

et les ovocytes ne mesuraient pas plus de 150 µ. Cette femelle avait vraisemblablement été parasitée dans le courant du mois d'octobre par une autre génération de *Perilitus*.

Plusieurs espèces de parasites s'attaquent aux différents stades de *P. chrysocephala* mais leur rôle frénateur est très réduit. La castration parasitaire provoquée par les Grégarines ne se produit qu'après l'émission d'une fraction importante de la ponte et l'action de ces Sporozoaires est parfois nulle.

Un seul parasite semble jouer un rôle important ; c'est l'Ichneumonidae *Thersilochus* sp. dont nous décrirons ultérieurement la biologie.

Les principaux facteurs limitatifs de la pullulation de l'Altise sont d'ordre climatique et édaphique. La ponte et les possibilités d'éclosion sont fortement diminuées lorsque les mois d'août et de septembre sont chauds et secs, et l'automne ou le printemps anormalement froids. Les sols sablonneux entraînent généralement une forte mortalité de prénymphes et des nymphes par dessiccation ou par asphyxie. D'après D. GODAN (1949), la nature du sol intervient en conditionnant les déplacements des larves néonates : les œufs étant enfouis dans le sol, les larves néonates ne pourraient circuler que dans les sols légers et restant meubles aussi bien par temps sec qu'en période humide. Nous n'avons pas constaté que les œufs étaient enfouis dans le sol ; ils sont, en règle générale, déposés à la surface ou dans les petites anfractuosités du sol et la structure de la terre ne limite pas en conséquence les déplacements larvaires.

L'examen de la carte indiquant la répartition de l'Altise dressée par MEUCHE (1940) révèle, qu'à l'exception des régions septentrionales de l'Allemagne où les larves sont détruites par le froid, les seules régions sablonneuses où l'Altise est rare ou inexistante sont le Brandebourg, le Hanovre et la Rhénanie. Les pullulations importantes sont localisées sur les côtes sablonneuses du Mecklembourg et du Holstein où les précipitations sont régulières.

## VI. — NATURE DES DÉGATS

Des dégâts importants peuvent être effectués par l'Insecte aussi bien au stade imaginal qu'au stade larvaire.

A l'état adulte, l'Insecte est très vorace pendant deux périodes distinctes : de son apparition à l'estivation et après l'estivation. Ces deux périodes n'ont pas du tout la même importance économique.

### A. — Dégâts occasionnés par l'adulte avant l'estivation

Avant la diapause, l'Insecte se nourrit sur le Colza en voie de maturité. Guidé par un phototropisme positif et un géotropisme négatif de

plus en plus accusés avec l'âge, les imagos se rassemblent sur les hampes florales de Colza. Peu après leur sortie, ils se trouvent de préférence sur le sol et sur les feuilles basses ; avant la période d'estivation, guidés par un thigmotactisme croissant, ils se glissent entre les pétioles des siliques et la hampe du Colza, entre deux branches ou entre deux siliques.



FIG. 65. — Morsures imaginales sur des siliques de Colza d'hiver (3 juillet 1950).

Les altises s'attaquent à l'épiderme des tiges et des siliques faisant des morsures arrondies ayant généralement de 0,2 à 0,4 mm de diamètre ; ces morsures peuvent être allongées et atteindre 1 cm ou 1,5 cm (fig. 65).

L'Insecte attaque de préférence la hampe florale, il peut aussi se nourrir des pétioles des siliques et même des siliques, de préférence à la partie distale.

Ces dégâts, étant faits peu de temps avant la maturité des Colzas sont généralement sans importance économique. Toutefois, si la population imaginale est très importante (Moissy, 14 juin 1951), elle peut provoquer un échaudage et un dessèchement prématuré des siliques supérieures.

### B. — Dégâts occasionnés par l'adulte en automne

Les dégâts en automne sont beaucoup plus graves. Peu après la rupture de la diapause, l'Insecte s'alimente voracement ; son appétit diminue d'ailleurs progressivement jusqu'à ce que la température atteigne le seuil d'activité, soit 2° environ.

Les altises effectuent des morsures nombreuses et parfois étendues sur les plantules de Colza (fig. 66) ; ces morsures se différencient facilement des lésions occasionnées par les autres altises (*Phyllotreta* sp.) ; la surface du feuillage consommé par les *Psylliodes* est généralement plus importante, les *Phyllotreta* n'effectuant, par suite de la basse température qui a lieu généralement au cours du mois de septembre, que de petites lésions arrondies d'un diamètre moyen de 1 à 2 mm qui perforent rarement la feuille.



Fig. 66. — Morsures d'altises adultes sur une plantule de Colza (Cloches, 20 novembre 1950).

L'Altise du Colza peut dévorer dans le courant du mois de septembre une feuille de Colza de 3 cm de long en cinq jours ; elle effectue également des morsures allongées sur les tigelles et des entailles très profondes dans le collet, ce qui entraîne la mort de la plante. Une grande densité d'altises peut détruire une proportion élevée de plantules ; nous avons observé le 24 septembre 1950 dans un champ de Colza (Var. Alsace), semé le 6 septembre, la disparition de 30 p. 100 des pieds en moyenne ; en certains endroits, la totalité des pieds avait disparu sur une surface

de 1 à 10 m². Une pièce de 9 ha de Colza située à Cloches et ensemencée le 23 septembre, a été complètement détruite par les altises.

L'Insecte est très rarement visible à cette époque. Comme nous l'avons indiqué antérieurement, il est caché sous les feuilles, dans les anfractuosités du sol, et reste invisible pour une personne non avertie. Il mange ainsi les cotylédons dès leur apparition ou entaille le collet et l'épiderme inférieur des jeunes feuilles qui s'étiolent peu à peu : les cultivateurs disent que « le Colza se mange ».

En 1950, l'attaque des adultes fut très dangereuse, dès le début de septembre, à Moissy et au Plessis-Belleville. Par suite de l'hygrotropisme accusé de l'Insecte, les altises se concentrèrent en bordure des ruisseaux, des bosquets, des buissons, dans les zones les plus humides du champ, et arrivèrent à faire disparaître 50 à 100 p. 100 du semis dans ces zones lorsque la levée coïncida avec la phase de migration des altises (Plessis-Belleville, semis du 6 septembre, dans une dépression ; Moissy-Cramayel, semis du 4 septembre en bordure d'un ruisseau).

Des semis effectués le 20 septembre au Centre de Recherches Agronomiques disparurent dans la zone la plus basse. Le 18 septembre, près de Coulommiers, un champ de Colza fut complètement détruit en bordure du grand Morin, le gradient de l'attaque suivant la pente.

Mais les dégâts les plus importants furent observés dans les départements où la température moyenne était un peu plus basse (Eure, Eure-et-Loir) ; des semis tardifs furent totalement détruits. La rupture de la diapause ayant eu lieu dans ces régions vers la fin septembre et le début octobre, la phase d'alimentation intense coïncida avec une période où la température moyenne passa de 13 à 7°, c'est-à-dire au moment où la croissance du Colza était notablement ralentie, sinon nulle.

A Evreux, des Colzas semés le 3 septembre furent complètement épargnés, ceux du 15 septembre furent détruits dans les zones les plus basses, ombragées, ou en bordure de repousses de l'année précédente. Un semis effectué fin septembre fut détruit dans la proportion de 75 p. 100. Dans cette région, la période d'alimentation intense s'est située entre le 1er et le 15 octobre.

A Orphin, des Colzas semés les 10 et 20 septembre étaient en grande partie détruits dans les terres situées en bordure de bois et de ruisseaux. A Cloches, du Colza semé le 18 septembre a été presque totalement dévoré à la date du 11 novembre ; le 28 novembre, sur 8 hectares, il ne restait plus que quelques ares ayant encore des pieds de Colza ; les Insectes y étaient rassemblés à raison d'une centaine par m². Dans un autre champ, semé le 23 septembre, il n'y avait plus un seul pied de Colza.

En résumé, l'importance économique de l'attaque des adultes peut être considérable en automne sur des semis faits à la date normale dans les régions humides ou ombragées, ou encore sur des semis tardifs.

Le nombre des adultes est fortement réduit après l'hiver et quoique l'alimentation reprenne avec de plus en plus d'intensité au fur et à mesure que la température s'élève, il n'a jamais été noté de dégâts importants. D'ailleurs, la croissance du Colza devient de plus en plus rapide et la surface du végétal est telle que, même à des concentrations importantes, l'Altise adulte ne peut plus occasionner de graves préjudices. Il a été noté tout au plus à Crécy-Couvé, le 7 avril, de nombreuses morsures sur les feuilles basses de Colza d'hiver.

### C. — Dégâts larvaires automnaux

Les dégâts larvaires ont un aspect totalement différent. La jeune larve grimpe le long du collet où l'on peut voir des traces de reptation ; après plusieurs essais infructueux, elle fore une galerie dans le pétiole d'une feuille inférieure. La localisation et l'aspect des dégâts varient avec la saison.

Les dégâts d'automne ont été déjà décrits par MEUCHE (1940) et D. GODAN (1950-1951). La jeune larve s'attaque uniquement aux pétioles des feuilles inférieures. Elle effectue souvent des essais infructueux sur le collet se traduisant par de petites cicatrices hémisphériques de 2 mm de diamètre, mais les zones de pénétration sont limitées à la face supérieure plane du pétiole dépourvue de faisceaux libéro-ligneux. Dans cette région, elle pénètre de préférence soit à proximité de l'insertion du pétiole sur la tige, soit à la hauteur de la base du limbe.

Ces attaques se traduisent généralement par une légère hypertrophie des tissus à cette hauteur, la présence à la partie supérieure de cicatrices, de tissus nécrosés, de trous de pénétration et d'aération de 0,5 mm de diamètre (fig. 67).

La larve se maintient dans cette partie du végétal jusqu'à l'hiver. Selon D. GODAN, elle effectuerait au premier et au deuxième âges un trajet centripète tandis qu'en fin de deuxième âge et au troisième, la direction serait centrifuge. Par suite de l'abaissement progressif de la température, l'alimentation devient de moins en moins importante quoiqu'elle se poursuive jusqu'à des températures voisines de 0° centigrade. L'activité de la larve est d'ailleurs proportionnelle à la vitesse de développement ; à 24°, elle peut forer une galerie de 30 mm en 48 heures ; par contre, à 12°, elle ne dépasse pas 15 mm. Comme l'a signalé D. GODAN (1951), cette activité est nettement plus forte au début d'un âge.

De toute façon, dans la région parisienne, la larve a toujours atteint son seuil d'activité avant d'avoir complètement détruit le pétiole. Pendant la période la plus froide, elle reste immobile et ne s'alimente pas, ramassée sur elle-même à la façon des prénymphes.

En automne, les feuilles inférieures sont seules attaquées. Chez

un Colza en rosette, ces feuilles deviennent peu à peu chlorotiques et tombent naturellement à la fin janvier ou au début février en proportion variable suivant la variété de Colza. Cette défoliation est surtout importante sur les variétés précoces, élevées, sensibles au froid. Elle est accentuée par les attaques larvaires qui diminuent encore la résistance du feuillage aux facteurs climatiques : la conduction s'y fait difficilement, l'eau pénètre par les orifices d'aération et les cicatrices ce qui entraîne l'éclatement des pétioles en période de gel.



Fig. 67. — A gauche, pétiole d'une feuille de Colza montrant deux entrées de galeries larvaires (novembre) ; à droite, noircissement du pétiole par suite des galeries larvaires et de l'accumulation des excréments (14 avril 1953).

A la fin de l'hiver, le Colza semble traverser une crise physiologique assez grave. Il a alors un feuillage très réduit par suite de la défoliation et il ne peut se développer, la température étant encore inférieure au seuil de développement.

En janvier et février 1951, il fut noté, à cette époque des réactions de souffrance caractérisées par une coloration violette du feuillage. Ces réactions furent surtout importantes sur les Colzas semés tardivement, dans les régions froides, dans les terrains pauvres, ou encore dans ceux où la fumure était insuffisante ou déséquilibrée.

### D. — Dégâts larvaires hivernaux et printaniers

Les froids qui surviennent à la fin de l'hiver entraînent souvent une déficience physiologique du Colza mais ne sont généralement pas suffisamment rigoureux pour entraver la reprise de l'activité des larves. Les chances de survie des colzas très attaqués dépendront alors d'une

élévation rapide de la température qui permettra une rapide croissance du végétal. La vitesse de destruction devient alors négligeable par rapport à la croissance du Colza.

La nuisibilité des Insectes à cette époque est due à une action parasitaire directe liée à une modification du comportement et une action parasitaire indirecte causée par le développement de parasites de blessures. On assiste alors à une augmentation considérable du nombre des larves de troisième âge, cette proportion étant d'ailleurs d'autant plus forte que l'automne aura été plus doux. C'est ainsi que leur nombre a été beaucoup plus élevé en 1950 qu'en 1951 et ses répercussions économiques furent très graves.

Nous avons étudié cette question p. 397 ; les larves au 3e âge effectuent à cette époque une migration qui peut atteindre 100 p. 100 de la population par suite de la disparition des feuilles basses. Elles ont alors la possibilité de percer les faisceaux libéro-ligneux et de pénétrer dans le collet, la tige, le bourgeon terminal ou des pétioles plus élevés.

Il suffit, selon D. GODAN, d'une ou de deux larves dans le bourgeon terminal pour provoquer la mort de la plante par destruction du méristème (cas observé en 1950). On assiste parallèlement à une éclosion massive des pontes ayant eu lieu à la fin de l'automne. Ces jeunes larves pénètrent souvent dans les pétioles par les galeries de larves hivernantes ; sur les colzas défoliés à la base, elles sillonnent l'épiderme des tiges de galeries superficielles hélicoïdales, longues parfois de plusieurs centimètres. Elles arrivent même à pénétrer dans la moelle par les orifices d'entrée de larves au 3e âge.

Un développement important de parasites de blessures, bactériens et cryptogamiques fut aussi observé dans des essais comparatifs de la Station d'Amélioration des Plantes au cours des mois de février et mars. Ces maladies étaient dues au *Phoma lingam* TODE et à des Bactéries liquéfiantes du genre *Erwinia* (fig. 68). L'intensité des dégâts était très variable suivant les variétés mais les écarts variétaux se répétaient de façon homogène dans les essais. Nous avons pu mettre en évidence une corrélation étroite dans le temps et dans l'espace entre cette attaque et une invasion considérable de larves de *P. chrysocephala*.

Les pourritures sèches et humides apparurent en nombre croissant avec un décalage de quelques semaines sur les migrations larvaires signalées plus haut. Ces maladies se développèrent de façon importante dans les zones fortement attaquées par l'Altise. Certains lots non touchés par l'Insecte ne présentaient pratiquement pas de nécroses.

Il a été presque toujours possible de diagnostiquer la présence d'altises sous les lésions occasionnées par les Champignons ou les Bactéries : orifice de pénétration auréolé de pycnides, galeries superficielles jalonnées de fructifications et de pourritures, dépouilles larvaires, etc.

Il ne semble pas qu'il y ait de différence marquée de sensibilité entre les variétés. L'intensité de la maladie est liée au comportement larvaire. Nous avons constaté que les larves attaquent les pétioles de préférence. Si elles ne peuvent les atteindre par suite de la hauteur des tiges ou de la forte défoliation des Colzas après l'hiver, elles se portent sur la tige qu'elles sillonneront de galeries. Les larves au 1[er] et au 2[e] âges se maintiendront en surface mais celles du 3[e] âge (hivernantes provenant de pétioles dépérissants) arriveront facilement à traverser le faisceau annulaire libéro-ligneux et pénétreront dans la moelle. Ce mode d'attaque sera particulièrement dangereux, car il procurera une voie de pénétration en profondeur aux parasites végétaux (JOURDHEUIL 1951).

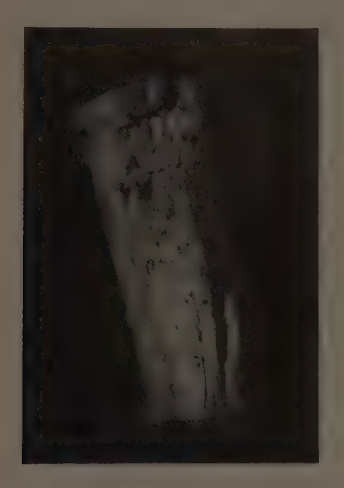


FIG. 68. — Fructifications de *Phoma lingam* TODE autour d'un orifice de galerie larvaire.

Nous avons effectué des numérations sur différentes variétés dans deux essais comparatifs : pourcentage d'attaques sur tige (en surface et en profondeur) effectués par les larves, pourcentage de pieds atteints par le *Phoma* (présentant des pycnides) ou par les pourritures molles (numérations effectuées 3 semaines plus tard : 20 mars 1951). Le graphique 69 indique l'étroite proportionnalité existant entre l'attaque des parasites animaux et végétaux d'une part, la hauteur des tiges d'autre part. Enfin, le graphique situé au bas de la figure 69 met en évidence une corrélation significative entre les attaques parasitaires animales et végétales.

Ces graphiques montrent l'importance économique de l'Altise dont l'action directe est déjà très dangereuse.

L'importance des Insectes dans la transmission et le développement des maladies bactériennes a déjà été soulignée par de nombreux

auteurs. WAITE (1891) a montré le premier l'importance des guêpes et des abeilles dans le développement du Fire-Blight des Rosacées. En ce qui concerne les Crucifères, JOHNSON (1930) et BONDE ont démontré

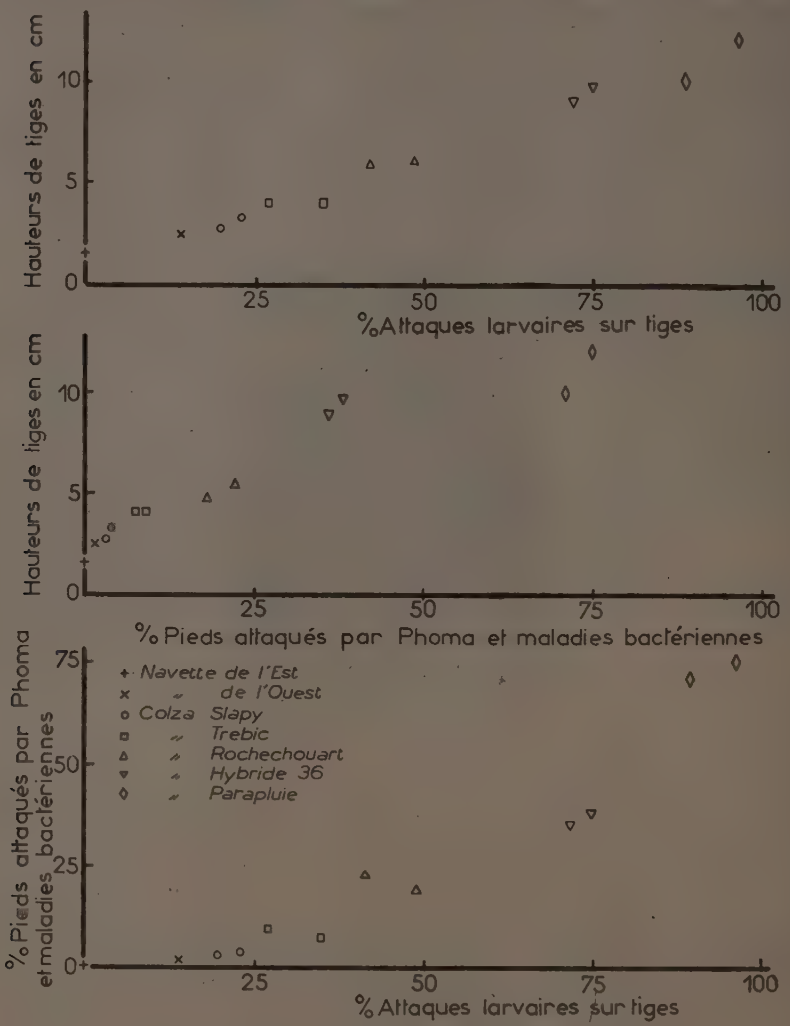



FIG. 69. — Relations entre l'importance des dégâts larvaires et le développement des maladies bactériennes et cryptogamiques.

le rôle de vecteur du « soft rot » (pourriture bactérienne due à *Erwinia carotovora*) joué par la larve de *Hylemyia brassicae* BOUCHE. E. F. SMITH (1897) a signalé la transmission de *Phytomonas campestris* Palmel par la Limace agreste (*Agriolimax agrestis* L.) et les chenilles de *Plusia*

*brassicae*. Ces faits sont confirmés par BRENNER (1904) qui y ajoute une espèce d'Aphide. CLAYTON (1924) a d'ailleurs fait des expériences concluantes à ce sujet.

En ce qui concerne les maladies cryptogamiques, QUANJER conclut en 1907 que le *Phoma lingam* TODE ne peut infecter les racines de Cru-



FIG. 70. — Galeries larvaires sous-épidermiques sur des tiges de Colza.

cifères que si elles sont blessées par la larve de la Mouche du Chou. D'après HENDERSON (1918), le Champignon peut être transmis par la graine ; les racines et les tiges de Chou peuvent être infectées sans lésion antérieure mais si l'on blesse superficiellement les tiges, les dégâts sont beaucoup plus considérables.

L'importance des larves d'altises dans le développement de maladies bactériennes a été souvent signalée : rôle des larves de *Diabrotica vittata* FABR. et *duodecimpunctata* dans le développement du « Bacte-

rial wilt » des Cucurbitacées et de *Diabrotica longicornis* dans le développement du « bacterial wilt of corn ».

Il serait d'autre part intéressant d'étudier la possibilité d'hibernation de la Bactérie à l'intérieur du tube digestif de l'Insecte comme cela a été mis en évidence pour d'autres Insectes, notamment *Hylemyia cilicrura* ROND. (LEACH 1931-33), et comme cela est supposé pour *Diabrotica vittata* par RAND et ENLOWS (1920) ainsi que par RAND et CASH (1920).

Au cours du printemps, les larves se développent dans les pétioles et dans la tige. Le début du développement se fera fréquemment dans les pétioles et de là, elles gagneront directement à la fin du deuxième ou du troisième âge l'intérieur de la hampe florale. En début de saison, l'Insecte peut s'attaquer directement à la hampe florale formée de tissus alors très tendres ; il pénétrera généralement à la hauteur de l'insertion d'un pétiole, soit par l'intermédiaire du pétiole, soit en forant une galerie à sa partie supérieure ou inférieure, zone où il n'existe pas ou peu de faisceaux libéro-ligneux. Par suite de la croissance rapide du Colza, ces larves seront souvent portées à des hauteurs considérables. Il n'est pas rare de trouver ainsi au moment de la floraison un échelonnement de galeries larvaires depuis le collet jusqu'à l'inflorescence, chaque galerie ayant pour origine l'insertion d'un pétiole et se poursuivant sur 5 à 10 cm de part et d'autre. Le trou de sortie larvaire se situe souvent aussi à la base d'un pétiole ; il a environ 1 mm de diamètre. Contrairement aux larves de *Ceuthorrhynchus napi*, les larves d'altises sont le plus souvent isolées.

Les attaques larvaires automnales entraînent au cours du printemps l'inflexion et l'éclatement des tiges (fig. 71) ; celles-ci reposent sur le sol sur une longueur de 5 à 20 cm. Au départ de la végétation la portion non attaquée de la tige se développe verticalement. Si le printemps est humide, la plante peut s'accroître normalement et donner une récolte satisfaisante ; au contraire, une période sèche entraîne une assez forte mortalité des plantes et une diminution sensible du rendement consécutive à une circulation déficiente de la sève.

Les dégâts occasionnés par les larves écloses au printemps sont le plus souvent négligeables par suite du développement rapide du Colza, ainsi que l'ont signalé MEUCHE, KAUFMANN et D. GODAN. La plante devient rapidement trop élevée pour que la larve puisse atteindre et détruire le méristème apical. D. GODAN a montré qu'il fallait une population d'une centaine de larves par pied pour détruire un Colza au moment de l'émission des rejets, population que nous n'avons jamais observée. Avec de pareilles invasions, il peut y avoir une réduction de moitié de la hauteur de la plante, une suppression des rejets latéraux et un échaudage d'une partie des siliques. Il est à noter que nous avons observé

dans la région de Crécy-Couvé, au début d'avril, des dépressions très accentuées de la végétation avec des populations de 30 à 40 larves par pied. Les feuilles étaient petites, ondulées ; la taille des Colzas était égale aux deux tiers de la normale. Ces pieds ne donnèrent pas ou peu de rejets latéraux.



FIG. 71. — Torsion et éclatement du collet occasionnés par une attaque larvaire automnale (4 mai 1950).

Nous avons observé en 1953 des dégâts printaniers très importants à la suite d'invasions printanières de larves ; en raison de la tardivité de la ponte automnale, il n'y eut pratiquement pas d'éclosion et d'invasion larvaire avant l'hiver. Par contre, les conditions thermiques favorables des mois de mars et d'avril permirent une ponte importante et un rapide développement des œufs ; dans le courant du mois d'avril, il n'était pas rare de dénombrer 10 à 20 larves par pied ; quelques larves se trouvaient, par suite de l'élongation des tiges, à plus de 1 mètre du

sol ; les tiges étaient sillonnées de galeries en tous sens. Le printemps ayant été très humide, il y eut un développement tardif du *Phoma lingam*, qui détruisit près de 50 p. 100 des pieds au cours de la floraison et de la fructification, à Versailles et à Angerville ; les pycnides étaient



FIG. 72. — Tige de Colza coupée longitudinalement, montrant les galeries larvaires.

extrêmement nombreuses à la surface des tiges attaquées par l'Altise ou le Ceuthorrhynque des tiges (*Ceuthorrhynchus napi* GYLL.) et jusqu'à une hauteur de 50 cm au-dessus du sol ; les plantes se desséchèrent au cours des mois de mai et de juin. La plupart des autres plantes présentaient des plages à pycnides plus localisées et n'avaient pas produit de hampes florales latérales. L'importance des dégâts dépend moins de la densité larvaire (très inférieure aux chiffres critiques indiqués par D. GODAN) qu'à la possibilité de favoriser, avec le concours de facteurs climatiques particuliers (température douce, forte humidité), le développe-

ment de maladies cryptogamiques par la multiplication de blessures superficielles et surtout profondes. Les perforations occasionnées par les larves au troisième âge sont donc particulièrement dangereuses et les pertes sont étroitement liées à la densité de population de ces larves.

Nous n'avons jamais observé d'attaques de l'Altise sur du Colza de printemps. Dans une parcelle fortement infestée durant l'automne 1949-1950 par des larves d'altises, il fut semé du Colza de printemps sur un tiers de la surface ; il ne fut trouvé aucune larve sur ces plantes. Dans les environs des Clayes, du Colza de printemps fut semé à 50 m d'un champ de Colza d'hiver fortement attaqué. Au moment de la sortie des adultes, il fut observé un grand nombre d'Insectes sur les siliques du Colza d'hiver et aucun sur le Colza de printemps.

## VII. — MÉTHODES DE LUTTE

La lutte contre l'Altise du Colza peut être envisagée par l'emploi de méthodes culturales ou par l'application de substances insecticides.

### A. — Méthodes culturales

Nous avons vu antérieurement que les jeunes semis sont fréquemment détruits lorsqu'il y a synchronisme entre la levée et la reprise d'activité des Insectes. Des colzas ayant plus de 4 feuilles résistent facilement à de fortes invasions et l'Insecte ne migre plus sur des colzas semés quinze jours après la reprise d'activité.

Ces faits nous montrent que la date du semis présente une grande importance; des observations analogues, mais fragmentaires, ont été effectuées en Allemagne (MEUCHE (1940-41), DOSSE (1941), BLUNCK (1941). Ils signalent que des colzas semés précocement ou tardivement sont nettement moins attaqués que les autres. Malheureusement, les conditions climatiques de ce pays ne permettent guère d'échelonner les cultures sans danger (été très chaud et sec, automne rapidement froid). Aussi BLUNCK conseille-t-il de remplacer le Colza par de la Navette qui est plus résistante au froid, de croissance plus rapide, et qui est ordinairement semée trois semaines plus tard. Cependant, dans l'Ile-de-France, le rendement de la Navette d'hiver est trop inférieur à celui du Colza pour que cette culture soit recommandable.

Le climat de la France étant beaucoup moins continental que celui de l'Allemagne, il est possible de modifier les dates de semis dans une certaine mesure. La constance relative des dates de reprises d'activité des Altises pour un même lieu nous permet même de préciser les dates

optima de semis pour un certain nombre de régions d'après les caractéristiques climatiques de l'été.

| | Été chaud sec (1950) | Frais et humide (1951) |
|---|---|---|
| Santerre, Nesles, Roye, Brie, Plessis, Melun........... | 5-10 septembre | 5-10 septembre |
| Houdan, Dreux, Mantes.... | 1er-5 septembre | 25 août–1er septembre |

En 1949, la plupart des cultivateurs de la Brie et de la Beauce ont semé le Colza entre le 20 et le 30 août. Toutes les cultures faites à cette époque étaient beaucoup trop développées à l'entrée de l'hiver et furent détruites par les larves qui parvinrent à la fin de leur développement en janvier et février. A l'automne 1950, nous avons préconisé le semis dans la première quinzaine de septembre, ce qui fut réalisé par une très forte proportion de cultivateurs ; bien que les adultes fussent beaucoup plus nombreux qu'à l'automne précédent, les cultures furent très peu attaquées ; les larves étaient peu développées en fin d'hiver et les adultes n'attaquèrent que les tout premiers semis (1-5 sept.). Par suite du mauvais temps, des semis furent exécutés pendant la seconde quinzaine de septembre et même jusqu'au 25 octobre. Ces semis ne furent naturellement pas attaqués par l'Altise ; les plantes se développèrent dans des conditions satisfaisantes, l'automne ayant été anormalement doux ; le rendement de ces semis exécutés tardivement fut légèrement inférieur à celui des semis effectués au cours de la première quinzaine de septembre.

Pour la majeure partie de la région parisienne, la date de semis optimum se situe entre le 1er et le 10 septembre. Dans la région ouest du Bassin Parisien (Mantes, Dreux), les cultivateurs s'obstinent à semer tardivement (15-30 septembre) alors que la reprise d'activité a lieu à la même époque. Les plantes ont une végétation languissante et leur développement est insuffisant à l'entrée de l'hiver ; les attaques des imagos peuvent être très importantes. Il y a dans ce cas avantage à faire des semis précoces (25 août-5 septembre) qui permettront d'obtenir des plantes ayant un grand développement foliaire à l'époque de la migration.

Il est une région où il est difficile de modifier les dates des semis, c'est la région centrale de la Beauce et du Hurepoix où les conditions de reprise d'activité (5-15 septembre) conduisent à préconiser des dates de semis trop précoces ou trop tardives pour éviter les attaques imaginales ; il est préférable dans ce cas d'effectuer les semis à la date la plus favorable à la croissance du Colza et d'avoir recours, le cas échéant, à des traitements insecticides.

L'observation des dates de semis préconisées ci-dessus permet de réduire très fortement les dégâts les années où les conditions climatiques des mois d'août et de septembre sont normales ; dans le cas contraire,

le cycle biologique de l'Insecte peut être légèrement modifié. C'est ainsi que l'été 1945, anormalement chaud et sec, n'a permis la reprise de l'activité que dans la 2e quinzaine de septembre et les semis précoces ont tous été indemnes.

Il est possible que, pour une région donnée, l'application systématique des semis effectués sur une courte période conduise à la longue à une adaptation de l'animal se traduisant par un décalage du cycle parallèle à celui du semis. Cette méthode culturale reste cependant un des meilleurs moyens de protection du Colza contre l'Altise du Colza à la condition d'être complétée par un enfouissement tardif des « repousses ».



FIG. 73. — Attaque larvaire locale sur colza (février 1950).

Nous avons observé qu'un grand nombre d'Insectes reste sur les « repousses » où ils ont estivé. Il est donc recommandable de déchaumer aussitôt après la récolte et de laisser croître les plantules de Colza. Les altises resteront sur ces plantes dans une forte proportion ; par un labour ordinaire effectué dans le courant du mois d'octobre, on détruira un grand nombre d'œufs, de larves et d'adultes tout en incorporant au sol un excellent engrais vert.

L'humidité du sol intervient également ; l'adulte faisant preuve d'un hygrotropisme positif très accusé, les Insectes se concentrent dans les zones les plus humides. La recherche des Insectes en vue de la détermination de la date du traitement insecticide devra se faire surtout dans les dépressions ou au voisinage des fossés, canaux d'irrigation etc... Les Crucifères d'hiver seront cultivées de préférence dans les terres les plus sèches de l'exploitation.

D'une façon générale, les cultures effectuées dans de bonnes conditions : terres bien préparées, fumures équilibrées, semis à une densité moyenne et à une faible profondeur ont une croissance rapide qui leur permet de mieux résister aux attaques de l'Insecte.

DOMINGUEZ GARCIA TEJERO (1946) a préconisé l'épandage de nitrate en couverture pour accélérer la croissance. Ce procédé avait déjà été conseillé par LEMBKE (1939) qui signalait que le nitrate de chaux employé en couverture avait, en outre, un rôle répulsif. MEUCHE l'a utilisé à la dose de 200 kg à l'ha ; il n'a observé aucune action répulsive ; les colzas étaient gravement lésés et leur croissance était notablement ralentie.

D'autres auteurs ont préconisé des scarifiages printaniers pour détruire les prénymphes et les nymphes par dessiccation (BURKHARDT 1917). Ce procédé devrait être employé courant mai ou juin, c'est-à-dire à une époque où l'on ne peut pénétrer dans les cultures et où le volume de la végétation est tel qu'il est impossible d'obtenir une dessiccation superficielle du sol.

Les larves peuvent se développer sur les Crucifères sauvages ; la Moutarde sauvage (*Sinapis arvensis* L.) est beaucoup plus attaquée que la Capselle bourse-à-pasteur (*Capsella bursa pastoris* Moench) et que le Thlaspi (*Thlaspi arvense* L.).

Ces Crucifères sauvages peuvent recevoir en automne des pontes importantes à leur base ; les larves pourront s'alimenter de ces plantes jusqu'aux gelées et passer ensuite sur les Crucifères cultivées. Lorsque l'hiver est doux, les larves semblent pouvoir persister dans ces Crucifères gelées et être capables, au printemps suivant, de se porter sur les jeunes Crucifères sauvages. Au début du mois de mars 1950, nous avons examiné à Nesle (Somme) une pièce de 7 ha de Colza attaquée de façon très irrégulière. Cette pièce avait été remembrée à la fin 1948 et était constituée par 4 parcelles cultivées respectivement en Avoine, en Blé, en Betterave et en Luzerne. Toute la pièce avait été plantée en Pommes de terre en 1949. En mars 1950, le Colza était très fortement attaqué dans l'ancienne pièce d'Avoine et un peu moins dans la parcelle de Blé ; les larves étaient beaucoup moins nombreuses dans l'ancienne pièce de Betteraves et surtout sur l'emplacement de la Luzerne. Ces différences de population larvaire étaient liées étroitement à la densité des pieds de *Sinapis arvensis* existant en 1948 dans les différentes parcelles ; les pièces de Luzerne et de Betterave étant beaucoup plus propres que les cultures de Blé et d'Avoine. Bien qu'il ait été fait une culture de Pommes de terre l'année suivante, les façons culturales n'avaient pu détruire qu'une certaine proportion des Crucifères sauvages, ce qui avait permis aux altises de se reproduire à l'emplacement où elles avaient effectué leur développement larvaire. Près de 16 mois après la réalisation du

remembrement, il était possible de délimiter l'emplacement des diverses parcelles d'après l'importance des lésions sur les tiges. On devra donc veiller à la destruction des Crucifères sauvages sur toute l'étendue de l'exploitation afin d'éviter la dispersion des insectes.

Dans les exploitations où le Colza est suivi d'une culture de printemps, il est recommandable de déchaumer aussitôt après la récolte du Colza et de laisser se développer les repousses et les plantules. Les altises pondront sur ces plantes et ne se dissémineront pas sur les champs du voisinage ensemencés en Colza.



FIG. 74. — Dégâts larvaires (Moissy-Cramayel, 13 mars 1950).

Etant donné que la période d'activité migratrice est généralement terminée vers le 10 octobre, il pourra être procédé sans inconvénient à un labour ordinaire dès la mi-octobre pour la région parisienne ; ce labour aura pour conséquence d'enfouir le Colza et les larves ainsi que les œufs et un certain nombre d'adultes. Si la température est relativement élevée en janvier ou février, il sera bon d'effectuer, à ce moment, des façons superficielles afin de détruire les Crucifères qui auraient pu se développer et qui pourraient héberger des larves écloses en automne ou au cours de l'hiver.

Afin d'éviter une trop grande diminution du nombre des plantes à l'ha, consécutive à l'attaque des adultes, on pourra augmenter légèrement la densité du semis et activer la croissance des plantes par un apport de nitrate.

## B. — Répulsifs

De nombreux répulsifs ont été préconisés pour éviter les attaques d'adultes à l'automne. BURCKHARDT (1917) a recommandé l'épandage de scories basiques, et à défaut, de suie ou de chaux avec un peu de

poudre de tabac ou de soufre. STANILAND et WALTON (1928) ont conseillé d'appliquer à plusieurs reprises de la naphtaline au moment de la levée des choux-fleurs ; STANILAND et BEAUMONT (1936) ont reconnu que ce procédé était sans effet. Nous avons parlé antérieurement des essais effectués par MEUCHE (1940-41) avec le nitrate de chaux et conseillés par LEMBKE (1939).

NOLTE et FRITZSCHE (1954) ont fait des traitements du sol avec des produits à base d'H.C.H. aux doses de 25, 50 et 100 kg de produit commercial à l'ha ; l'insecticide a été appliqué immédiatement avant le semis et enfoui par un léger hersage. Ce traitement a réduit fortement le nombre des morsures imaginales de *P. chrysocephala* ainsi que la population de *Centhorrhynchus pleurostigma* MARSH, mais s'est révélé sans effet sur *Centhorrhynchus napi* GYLL et *C. quadridens* PANZ. D'après ces auteurs, le produit agit essentiellement comme répulsif ; les altises sont beaucoup moins nombreuses dans les parcelles traitées que dans les lots témoins mais la mortalité est très faible.

Cette technique ne nous paraît pas mériter d'être retenue ; elle est onéreuse même si l'on emploie des produits bon marché comme l'H.C.H. technique ; ce produit présente l'inconvénient de communiquer, pendant 3 à 4 ans un goût désagréable aux cultures de plantes racines ou à tubercules qui sont faites ultérieurement. En outre, ces traitements du sol détruisent les parasites naturels et troublent l'équilibre biologique (BONNEMAISON 1952) ; ce problème est particulièrement important pour les cultures de Crucifères qui hébergent une faune phytophage considérable.

## C. — Traitement des semences

Nous indiquerons dans les pages suivantes les techniques de lutte qui peuvent être envisagées pour obtenir la destruction des adultes ou des larves. On obtient facilement une protection à peu près complète des semis si les traitements dirigés contre les adultes sont effectués peu après les déplacements des Insectes mais les précipitations étant fréquentes à cette période de l'année, il n'est pas rare qu'une pluie survienne quelques heures après l'application de l'insecticide ; en outre, les cultivateurs négligent souvent d'examiner leurs semis de Colza et traitent trop tardivement.

Ces faits nous ont conduit à envisager des moyens de lutte préventifs, d'une réalisation aisée, et assurant une certaine protection ; nous avions été amenés à étudier antérieurement la protection des semis de betteraves et de céréales contre les attaques des larves de Taupins et nous avions constaté que certaines substances traversaient les parois des graines et diffusaient dans la plante (BONNEMAISON 1949, BONNE-

MAISON et JOURDHEUIL 1951) ; nous avons donc appliqué cette technique aux graines de Crucifères afin de déterminer si ce traitement des graines protégeait les plantules contre les attaques des petites altises (*Phyllotreta* sp.) et l'Altise d'hiver du Colza.

En Suède, EBBE-NYMAN (1952) a traité des graines avec une poudre renfermant 25 p. 100 d'H.C.H. à la dose de 15 kg/ha ; elle n'a pas constaté d'action protectrice contre les adultes mais la population larvaire a été diminuée de 90 p. 100.

En raison de la petitesse des graines de Crucifères, on ne peut espérer obtenir des résultats positifs qu'en faisant appel à des produits à très haute teneur en matière active. Les recherches ont porté sur les 3 points suivants :

1° Etude de l'action phytotoxique des produits ;

2° Etude de l'intensité et de la persistance d'action insecticide dans des conditions variées (serre et plein air) sur des adultes de *Phyllotreta* sp. et de *P. chrysocephala*.

3° Etude de l'efficacité pratique ; celle-ci est extrêmement difficile à déterminer en plein champ et très imprécise ; les notations qui ont pu être faites ont confirmé les données fournies par les essais de laboratoire.

Il a été essayé des produits à base de Lindane, de D.D.T., d'Aldrine et de Parathion ; les graines ont été enrobées à sec ou trempées pendant 16 heures puis mises à sécher sur des plaques de verre ; la quantité de liquide absorbée par les graines était, dans l'ensemble, égale à leur poids.

TABLEAU IX

*Produits utilisés en enrobage à sec ou en trempage pour le traitement des graines de Colza*

| N° ordre | Produit utilisé et teneur en M.A | Quantité de produit par kg de graines | Concentration des bouillies en M.A. | Quantité M.A. ha |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Témoin | | | |
| | *Enrobage à sec* | | | |
| 2 | Lindane 20 p. cent M.A. | 10 g | | 16 g |
| 3 | Lindane 65 p. cent | 10 | | 52 |
| 4 | D.D.T. 50 p. cent | 13 | | 52 |
| 5 | Aldrine 60 p. cent | 10,8 | | 52 |
| 6 | Parathion éthylé 5 p. cent | 10 | | 4 |
| | *Trempage* | | | |
| 7 | Lindane émulsion 12 p. cent | | 2 p. cent | |
| 8 | H.C.H. suspension 12 p. cent de $\gamma$ | | 2 | |
| 9 | Parathion méthylé émulsion 20 p. cent | | 2 | |
| 10 | — éthylé suspension 5 p. cent | | 2 | |

**Action phytotoxique**

L'action phytotoxique des produits essayés a été déterminée par des essais de germination en boîte de Pétri sur du papier-filtre humidifié, en serre (semis en terrine) et en plein air.

En boîte de Pétri, aucune des graines traitées en trempage des lots 9 et 10 (Parathion méthylé en émulsion à 20 p. 100 de M.A. et Parathion éthylé en suspension à 5 p. 100 de M.A.) n'a germé ; dans les lots témoins, le pourcentage de germination a été de 97-98 p. 100 le 6e jour ; il a varié de 96 à 98 p. 100 pour les lots traités en enrobage à sec et n'a été, le 15e jour, que de 69 p. 100 pour le lot 7 (Lindane en émulsion) et de 83 p. 100 pour le lot 8 (H.C.H. en suspension).

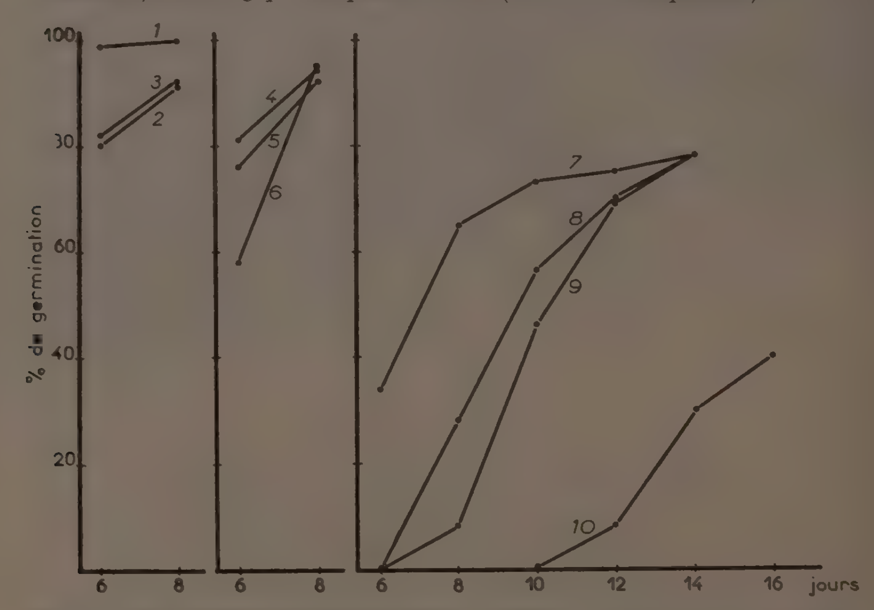



FIG. 75. — Action phytotoxique de diverses substances utilisées en enrobage ou en trempage. 1) Témoin. Enrobage à sec : 2) Lindane 20 p. 100, 3) Lindane 65 p. 100, 4) D.D.T. 50 p. 100, 5) Aldrine 60 p. 100, 6) Parathion éthylé 5 p. 100 — Trempage : 7) Lindane émulsion, 8) H.C.H., 9) Parathion méthylé, 10) Parathion éthylé.

Les résultats fournis par les essais en serre (temp. moy. 17,8°) sont indiqués sur la figure 75 ; on voit qu'il y a peu d'écart entre les différents produits employés en enrobage à sec. Par contre, le traitement en trempage réduit fortement l'énergie et la faculté germinative ; cette action phytotoxique est liée aux adjuvants plus qu'à la nature de l'insecticide.

En plein air, les écarts ont été plus accusés que dans les essais en terrines en ce qui concerne les lots traités par trempage ; le pourcentage

de germination a été de 0 p. 100 le 15^e jour pour le lot 10 (Parathion éthylé en suspension), de 1 p. 100 pour le lot 9 (Parathion méthylé en émulsion), de 2 p. 100 pour le lot 8 (H.C.H. en suspension), de 24 p. 100 pour le Lindane en émulsion, de 70 à 86 p. 100 pour les lots 2 à 6 et de 82 p. 100 pour le témoin.

La croissance en serre a été sensiblement parallèle au pourcentage de germination ; le tableau ci-dessous indique la hauteur moyenne en cm des plantes.

| Lots | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | [illegible] | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7^e jour........ | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5,0 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 1,0 |

Les produits utilisés en enrobage à sec, même ceux ayant une très haute teneur en M. A. n'entrainent qu'un retard végétatif insignifiant. Tous les traitements par trempage diminuent le pourcentage de germination et retardent la croissance de la plante.

## Action insecticide

L'intensité et la persistance d'action des divers insecticides ont été déterminées dans des conditions variées (serre et plein air) sur des adultes de *Phyllotreta atra* F., *P. nigripes* F., *P. undulata* KUTSCH, *P. vittula* REDT et *Psylliodes chrysocephala* en période de maturation et de ponte, c'est-à-dire dans les conditions physiologiques correspondant aux dates normales d'attaque en plein champ. Dans ce but, des organes aériens des plantules issues de graines traitées ont été prélevés tous les 2 à 3 jours et placés dans des tubes de verre bien aérés renfermant les Insectes mentionnés précédemment. Pour les *Phyllotreta*, chaque essai portait sur 2 lots de 10 Insectes et la mortalité était notée 48 heures après l'introduction des plantules dans les tubes ; elle augmentait très faiblement au-delà du 2^e jour.

Le tableau X indique les résultats obtenus avec les *Phyllotreta* alimentés avec des plantes cultivées en serre récoltées les 2^e, 4^e, 6^e jours après la levée ; les plantules présentaient 2 feuilles le 9^e jour, 4 le 17^e ; les boutons floraux sont apparus à partir du 30^e jour.

Le graphique n° 76 donne les pourcentages de mortalité obtenus dans les mêmes conditions expérimentales au bout de 48 et de 72 h avec des plantes cultivées en plein air (semis le 15 avril) ; les plantes avaient 2 feuilles le 12^e jour après la levée et 4 feuilles le 20^e jour.

Nous voyons que le Lindane et le Parathion éthylé ou méthylé font preuve d'une efficacité d'autant plus marquée que leur mode de préparation est plus favorable à la pénétration de la matière active dans la plante (suspension, émulsion) ; le D.D.T. et l'Aldrine sont inefficaces.

TABLEAU X

*Essais sur* Phyllotreta *sp.*
*Pourcentages de mortalité au bout de 48 h.*

| N° du lot et produit essayé | Age de la plante (décompté à partir de la levée) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 j | 4 | 6 | 9 | 11 | 13 | 17 | 20 | 24 | 27 | 30 |
| 1 — Témoin | 0 | 10 | 15 | 10 | 15 | 0 | | | | | |
| 2 — Lindane 20 p. cent M.A. | 40 | 60 | 50 | 20 | 10 | 0 | | | | | |
| 3 — » 65 p. cent | 50 | 65 | 75 | 85 | 80 | 75 | 60 | 45 | 35 | 10 | 0 |
| 4 — D.D.T 50 p. cent | 5 | 35 | 30 | 0 | | | | | | | |
| 5 — Aldrine 60 p. cent | 0 | 60 | 25 | 0 | | | | | | | |
| 6 — Parathion éthylé 5 p. cent | 70 | 70 | 60 | 35 | 10 | 5 | 0 | | | | |
| 7 — Lindane émuls. 12 p. cent | 85 | 100 | 90 | 75 | 65 | 60 | 50 | 30 | 35 | 15 | 0 |
| 8 — H.C.H. susp. 12 p. cent | | 80 | 90 | 70 | 75 | 75 | 65 | 65 | 30 | 15 | 5 |
| 9 — Parathion met. émuls. 20 p. cent | | | | | 60 | 30 | 25 | 20 | 15 | 5 | 0 |
| 10 — — eth. susp. 5 p. cent | | | | | 100 | 95 | | | | | |

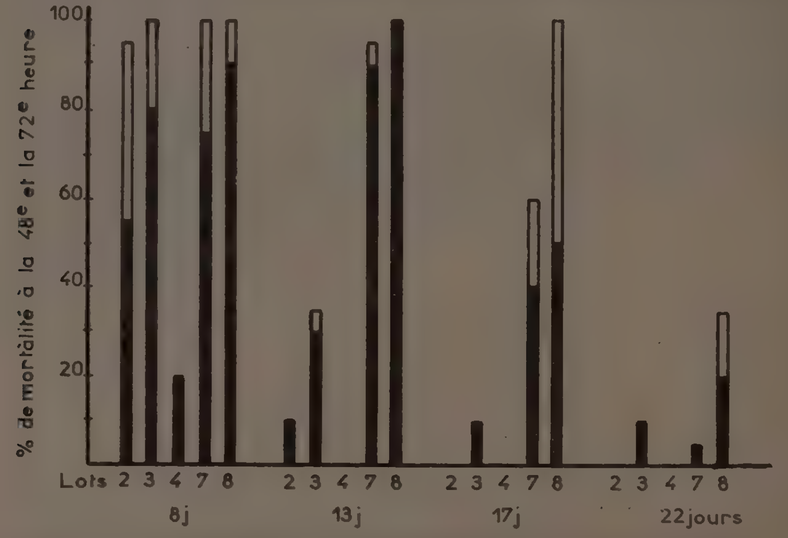



FIG. 76. — Action endothérapeutique de divers insecticides sur des adultes de *Phyllotreta* sp.

Le Parathion, même sous forme de poudre mouillable, a une persistance d'action insuffisante. La substance la plus intéressante est incontestablement le Lindane sous ses différentes formes (poudre à 65 p. 100 de M.A., émulsion ou suspension à 12 p. 100 de M.A.) qui entraîne une mortalité très élevée depuis le stade des feuilles cotylédonaires jusqu'au delà du stade 2 feuilles et dont l'action persiste jusqu'à 25 à 30 jours après la levée dans les essais en serre, c'est-à-dire jusqu'au moment de la montaison pour les Crucifères de printemps.

Les essais ont été faits en plein air au cours d'une période très sèche ce qui a dû gêner la pénétration de l'insecticide dans la plante ; la protection est devenue insuffisante à partir du 12e au 15e jour après la levée avec la poudre à 65 p. 100 de Lindane et il a été relevé de très nombreuses morsures sur les deux premières feuilles et surtout les 3e et 4e feuilles ; les feuilles cotylédonaires n'ont pratiquement pas été attaquées.

### Essai sur l'Altise d'hiver

Cet Insecte est beaucoup plus résistant que les *Phyllotreta* ; les pourcentages de mortalité indiqués dans le tableau ci-dessous ont été notés le 4e jour après le début de l'essai.

TABLEAU XI

*Essais sur* P. chrysocephala
*Pourcentages de mortalité relevés le 4e jour*

| Produit essayé | Age de la plante (décompté à partir de la levée) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 8 j. | 13 j. | 17 j. | 22 j. |
| Témoin | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lindane 20 p. cent | 40 | 0 | 0 | 0 |
| » 65 p. cent | 60 | 90 | 65 | 0 |
| Lindane émulsion 12 p. cent | 100 | 80 | 40 | 0 |
| HCH suspension 12 p. cent | 100 | 100 | 90 | 25 |
| Parathion éth. susp. 5 p. cent | 20 | 0 | 0 | 0 |

La mort des altises d'hiver ne survient que vers le 4e jour mais des troubles de la locomotion se manifestent dès le 1er jour et se généralisent le 2e et le 3e jour de sorte que l'Insecte cesse de se nourrir 24 à 48 heures après avoir absorbé les plantules traitées.

L'efficacité maximum a lieu dès la germination pour le Parathion dont la facilité de pénétration dans les tissus végétaux est bien connue mais elle devient nettement insuffisante au moment de l'apparition des feuilles ; elle a lieu plus tardivement avec le Lindane, vers le 4e jour après la levée pour le Lindane en émulsion, le 6e pour le produit en suspension et le 9e pour l'enrobage à sec.

Nous avons essayé de déterminer, lorsque la plante a atteint le stade de 4 feuilles, si la concentration en produit endothérapeutique différait dans les organes ayant des âges différents : cotylédons, 1re, 2e, 3e, 4e feuilles ; il semble bien qu'à ce stade l'action insecticide disparaisse dans l'ensemble du végétal quel que soit l'âge des organes.

M. THENARD nous a signalé un champ de Colza d'hiver situé près

de la Ferté-sous-Jouarre (S. et M.) ; le semis a été fait le 25 août et le champ avait été divisé en 3 parties ; l'une servant de témoin, la seconde ensemencée avec des graines traitées par enrobage à sec avec une poudre titrant 65 p. 100 de Lindane à la dose de 5-6 g par kg de graines et la troisième avec des graines traitées avec la même poudre à la dose de 10-12 g par kg.

Le lot témoin a été très fortement attaqué ; à la date du 2 avril, la densité moyenne de pieds était pour 100 chez le témoin, de 128 dans le lot traité à 5-6 g/kg et de 183 dans le lot traité à 10-12 g/kg.

## Conclusions

L'enrobage ou le trempage de graines de Crucifères oléagineuses avec certains insecticides permet de protéger les plantules contre les attaques des altises (*Phyllotreta* et *Psylliodes*).

Parmi les produits essayés, le Lindane et le Parathion seulement ont fait preuve d'une efficacité satisfaisante. Le Parathion, employé sous forme liquide, est très actif mais sa persistance d'action est trop faible. La méthode de trempage est à déconseiller en raison de l'action phytotoxique marquée des solvants et adjuvants divers et de la manutention compliquée qu'elle implique.

En conclusion, seul le Lindane, à une concentration au moins égale à 50 p. 100 et employé en enrobage à sec, donne des résultats satisfaisants tant du point de vue de l'efficacité qu'à celui de la persistance d'action ; celle-ci ne va pas au-delà de l'apparition de la 3e ou de la 4e feuille, mais les plantes sont suffisamment développées à ce stade pour supporter sans inconvénient une attaque de *Phyllotreta* en provenance d'autres cultures de Crucifères.

Il en sera fréquemment de même en ce qui concerne les invasions automnales de l'Altise d'hiver, l'abaissement progressif de la température moyenne réduisant l'activité des *Psylliodes* parallèlement à la croissance du Colza ; il peut arriver cependant que la persistance d'action soit insuffisante pour des semis précoces ou lorsque l'automne est anormalement doux ; il sera nécessaire dans ce cas de compléter le traitement des semences par une application d'insecticide en vue de la destruction directe des adultes, l'enrobage étant généralement effectué dans des conditions défectueuses, il est prudent d'utiliser 25 g de produit commercial par kg de graines.

## D. — Traitements insecticides

Les traitements insecticides peuvent être dirigés contre les adultes, contre les adultes et les larves, ou encore, dans certains cas, presque exclusivement contre les larves. Les larves se trouvant dans les tissus des plan-

tes, il est nécessaire d'utiliser des insecticides capables de traverser l'épiderme des pétioles et des tiges ; ces produits sont relativement coûteux et leur emploi doit être limité à des cas très particuliers (traitement de cultures qui n'ont pu être protégées contre les adultes en temps opportun, soit faute de temps, soit par suite de conditions climatiques défavorables) ou encore pour des végétaux ayant une certaine valeur (plantes sélectionnées, Crucifères maraichères).

## 1° Lutte contre les adultes

Un assez grand nombre d'insecticides ont été préconisés en vue de la destruction des adultes à l'automne.

ROSTRUP (1918) a recommandé des pulvérisations de solutions nicotinées à raison de 250 à 300 l à l'ha. BLUNCK (1921) a conseillé la nicotine et les sels arsénicaux et, par la suite, la roténone (BLUNCK et MEYER 1932) ; ROEBUCK (1937) préconise le derris, le fluosilicate de baryum, l'arséniate de plomb.

Des essais comparatifs ont été effectués en 1940 par MEUCHE avec des produits à base de pyrèthre, de derris, de pyrèthre mélangé au derris et à la nicotine ; l'efficacité des traitements a été déterminée d'après le nombre des captures au filet avant et après le traitement. Il a constaté que l'Altise est sensible à la roténone et que la nicotine est peu efficace. KAUFMANN (1941) et FREY (1942) confirment l'efficacité des poudres renfermant 0,8 p.100 de roténone.

DOMINGUEZ GARCIA TEJERO (1946) a essayé l'arséniate et la nicotine et signale que BENLLOCH (1944). a obtenu de bons résultats avec une poudre renfermant 15 p. 100 d'H.C.H. Enfin GUNTHART (1946) mentionne qu'une émulsion d'isomère gamma de l'H.C.H. est efficace contre les adultes et les larves.

Les adultes sont capables de détecter à de grandes distances les champs de Colza, même lorsque les plantules ne possèdent que les feuilles cotylédonaires. Nous avons observé une pièce de Colza ensemencée le 10 septembre 1951 et entourée de bois sur les 2/3 de son périmètre ; le champ de Colza cultivé pendant la campagne 1950-51 le plus proche était distant de 2 km ; les Altises étaient cependant très nombreuses dès le 20 septembre et il a été nécessaire d'effectuer un traitement insecticide.

Il est donc indispensable que les cultivateurs examinent fréquemment leurs champs de Colza dès la levée, même s'il n'a pas été constaté l'année précédente la présence d'Altises dans les cultures de Crucifères du voisinage.

Les traitements peuvent être réalisés sous forme de pulvérisation ou de poudrage ; les pulvérisations présentent l'avantage d'être d'une persistance supérieure à celle des poudrages, ce qui assure une certaine protection des cultures contre une nouvelle migration se produisant

après le traitement ; si l'on prend la précaution de régler les jets suivant l'écartement des lignes, une excellente protection peut être obtenue en pulvérisation ordinaire avec 300 litres de liquide à l'ha.

Les traitements par poudrages sont très efficaces et d'une réalisation rapide, ce qui est particulièrement intéressant à cette période de l'année où le cultivateur a de multiples travaux à accomplir.

La détermination de la date du traitement repose sur l'état des plantes et la population des Insectes ; il est bon de ne faire le traitement que quelques jours après l'arrivée des premiers Insectes dans le champ afin d'éviter que de nouvelles migrations ne se produisent après l'application des insecticides. Il ne faut pas trop retarder l'exécution du traitement si les Insectes sont nombreux ou si les plantes sont très petites : dans ce cas, les Insectes peuvent détruire une proportion élevée de plantules en quelques jours.

Nous avons effectué en 1950 des essais en poudrage ou en pulvérisation dans un champ d'une superficie de 3 ha ensemencé le 6 septembre avec du Colza « Nain de Hambourg ». La ponte avait débuté vers le 20 septembre, mais le propriétaire du champ n'a pu mettre les appareils à notre disposition que le 28 septembre. Les traitements ont été faits dans de mauvaises conditions, la température maximum ayant été au cours de la journée de 12° et une pluie fine et persistante étant survenue dans l'après midi.

L'essai comprenait trois répétitions ; les poudrages ont été faits à la dose de 20 kg à l'ha et les pulvérisations à raison de 400 l de liquide à l'ha.

L'efficacité a été déterminée le 4 avril 1951 par le dénombrement des pieds sains ou renfermant de 1 à plusieurs larves.

TABLEAU XII

*Essais de traitements contre les adultes d'Altise du Colza (28 septembre 1950)*

| Produits utilisés | Pourcentage de pieds sains | Coefficient d'efficacité |
|---|---|---|
| Témoin | 54,5 | |
| *Poudrages* à base de : | | |
| Dichlorodiphényltrichloroéthane à 5 p. 100 de M. A. | 85,3 | 67,7 |
| Hexachlorocyclohexane à 8 p. 100 | 87,4 | 72,3 |
| Dérivé sulfuré de l'H. C. H. à 10 p. 100 de M. A. | 87,6 | 72,7 |
| Trithiocarbonate de chlorocyclohexane à 5 p. 100 de M. A. | 85,6 | 68,1 |
| Chlordane à 5 p. 100 | 74,6 | 32,5 |
| Parathion éthylé à 0,5 p. 100 de M. A. | 84,9 | 66,8 |
| Roténone à 0,75 p. 100 de M. A. | 54,9 | 0,9 |
| *Pulvérisations* à base de : | | |
| Hexachlorocyclohexane à 12 p. 100 de M. A. dilué à 1 p. 100 | 80,0 | 58,0 |
| Parathion éthylé en suspension à 3 p. 100 de M. A. + Huile blanche d'été 80 p. 100 de M. A. dilué à 0,4 p. 100 | 86,7 | 70,7 |

Un nouvel essai a été réalisé dans un champ où la levée a eu lieu le 8 septembre 1951 ; les traitements ont été faits en poudrage à la dose de 25 kg à l'ha ; ils n'ont pu être appliqués que le 18 septembre c'est-à-dire plusieurs jours après le début de la ponte.

TABLEAU XIII

*Essais de traitements contre les adultes d'Altise du Colza (18 septembre 1951)*

| Produits utilisés | Pourcentage de pieds sains | Coefficient d'efficacité |
|---|---|---|
| Témoin | 40 | |
| *Poudrages* à base de : | | |
| Hexachlorocyclohexane technique à 8 p. 100 de M. A. | 76 | 60 |
| Trithiocarbonate de chlorocyclohexane à 5 p. 100 de M. A. | 68 | 46,6 |
| Parathion éthylé à 0,5 p. 100 de M. A. | 68 | 46,6 |
| Chlordane à 5 p. 100 | 62 | 36,6 |
| Dieldrine à 0,8 p. 100 | 74 | 56,6 |
| Aldrine à 1 p. 100 | 80 | 66,6 |

Il semblerait, d'après l'examen de ces chiffres, qu'aucun des insecticides essayés ne soit réellement efficace. Il ne nous a pas été possible dans les deux cas d'opérer à la date la plus opportune, les cultivateurs chez lesquels nous faisions les essais utilisant les appareils pour le traitement de leurs cultures. Nous avons pu constater que l'efficacité des poudrages ou des pulvérisations réalisés 3 à 5 jours avant les nôtres avec les produits qui se sont révélés les plus actifs dans nos essais a été de 95 à 100 p. 100.

Les altises sont très actives et circulent à la surface des plantes lorsque le ciel est clair et la température élevée. Une destruction à peu près totale des Insectes est facilement obtenue si l'on traite peu de temps après l'arrivée des altises dans le champ et par une journée chaude et ensoleillée.

### 2° Destruction des larves

Elle ne peut être obtenue qu'avec des substances utilisées en pulvérisation et capables de traverser l'épiderme de la plante (action dite endothérapeutique, télétoxique ou systémique).

Une expérience préliminaire a été faite le 10 février 1951 sur des Colzas en pot qui ont été traités en plein air ; 5 heures après la pulvérisation, les pots ont été placés dans un chassis froid où la température moyenne a été de 10°. Il a été essayé comparativement des produits en suspension et en émulsion à base de Parathion, d'H.C.H. technique ou de Lindane et, en outre, un produit endothérapeutique.

TABLEAU XIV

*Essais de traitements larvicides* (*1 000* l. de liquide à l'ha)

| Produits essayés | Pourcentage de mortalité (1) |
|---|---|
| Témoin | 0 |
| Suspension d'H. C. H. technique à 12 p. 100 de M. A. dont 13-15 p. 100 d'isomère gamma diluée à 1,5 p. 100 | 88 |
| Emulsion renfermant 12 p. 100 de Lindane diluée à 0,2 p. 100 | 96 |
| Suspension de Parathion éthylé à 3 p. 100 de M. A. diluée à 0,5 p. 100 | 73 |
| Emulsion de Parathion éthylé à 4 p. 100 de M. A. diluée à 0,35 p. 100 | 79 |
| Suspension de Parathion éthylé à 3 p. 100 de M. A. + Huile blanche d'été à 80 p. 100 de M. A. diluée à 0,25 p. 100 | 47 |
| Octométhylpyrophosphoramide (O. M. P. A.) à 66 p. 100 de M. A. diluée à 0,3 p. 100 | 25 |

(1) Les larves paralysées sont assimilées à des larves mortes.

Le dénombrement des larves mortes, moribondes et vivantes, a été fait le 23e jour après le traitement. Afin de déterminer la rapidité d'action de l'insecticide, un autre lot a été traité avec une émulsion de Parathion à 4 p. 100 de M.A. diluée à 0,75 p. 100 et des plantes ont été examinés les 7e, 10e et 23e jours après le traitement. Il a été relevé ce qui suit (chiffres ramenés à 100 larves) :

7e jour : 32 mortes, 48 moribondes, 20 vivantes.

10e jour : 50 mortes, 37 moribondes, 13 vivantes

16e jour : 70 mortes, 20 moribondes, 10 vivantes.

23e jour : 64 mortes, 28 moribondes, 8 vivantes.

Un second essai a été fait le 11 avril sur une parcelle de Colza d'hiver avec une émulsion renfermant 12 p. 100 de Lindane diluée à 0,3 p. 100 et une émulsion à 4 p. 100 de Parathion éthylé diluée également à 0,3 p. 100 ; les pulvérisations ont été faites avec un appareil à dos. Le 17 avril, 100 plantes ont été prélevées au hasard dans chaque parcelle et il a été dénombré les larves mortes, moribondes et vivantes.

TABLEAU XV

*Essais de traitements larvicides sur des larves aux 1er et 2e âges* (*Temp. moyenne au sol* : 9°5)

| Produits essayés | Larves | | | Pourcentage de mortalité | Coefficient d'efficacité |
|---|---|---|---|---|---|
| | mortes | moribondes | vivantes | | |
| Témoin | 158 | 46 | 1 749 | 10 | |
| Emulsion à 12 p. 100 de Lindane diluée à 0,3 p. 100 | 2 896 | 198 | 0 | 100 | 100 |
| Emulsion à 4 p. 100 de Parathion éthylé diluée à 0,3 p. 100 | 1 070 | 390 | 416 | 77 | 70 |

Ces expériences montrent qu'il est possible de détruire une forte proportion de larves d'altises ; en raison de l'intérêt tant théorique que pratique de cette nouvelle technique, nous avons procédé à de nouveaux essais afin de préciser le mode d'action de ces substances endothérapeutiques (BONNEMAISON (1951 a, b).

### a) *Essais comparatifs de divers insecticides*

Nous avons essayé des produits en suspension, émulsion ou solution à base d'H.C.H. technique, de Lindane, de Parathion, d'O.M.P.A. à différentes concentrations :

H.C.H. en suspension à 12 p. 100 de M. A. dont 13 p. 100 de $\gamma$ dilué à 1,6 p. 100, ((24 g M.A./Hl.) ;

Lindane en émulsion à 12 p. 100 M.A. dilué à 0,2 p. 100 (24 g M.A./Hl.

Parathion en suspension à 3 p. 100 M.A. dilué à 1 p. 100 (30 g M.A./Hl) ;

Parathion en émulsion à 4 p. 100 M.A. dilué à 0,75 p. 100 (30 g M.A./Hl.) ;

Parathion en suspension à 3 p. 100 M.A. dilué à 0,75 p. 100, (22,5 g M.A./Hl ;

Parathion en émulsion à 4 p. 100 M.A. dilué à 0,56 p. 100, (22,5 g M.A./Hl) ;

Parathion méthylé à 5 p. 100 M.A. dilué à 0,6 p. 100, (30 g M.A./Hl) ;

O.M.P.A. à 44 p. 100 M.A. dilué à 0,5 p. 100, (220 g M.A./Hl) ;

O.M.P.A. à 44 p. 100 M.A. dilué à 0,3 p. 100, (132 g M.A./Hl).

Les produits en suspension ont été additionnés d'un mouillant renfermant 59 p. 100 d'alkylcyclohexanols à la dose de 0,075 p. 100.

Un premier essai a été fait en plein air le 27 novembre 1951, sur du Colza, à la température de 10°5.

Des prélèvements ont été faits le 16e et le 36e jours après le traitement afin de déterminer le pourcentage de mortalité ; la température moyenne a été de 8°4 durant les 16 premiers jours et de 4° pendant les 20 jours suivants :

| | Pourcentage de mortalité | |
|---|---|---|
| | 16e jour | 36e jour |
| Témoin | 0 | 2 |
| 24 g $\gamma$ de H.C.H. suspension/Hl | 63 | 86 |
| 24 g Lindane en émulsion | 100 | 100 |
| 30 g Parathion éthylé en suspension | 87 | 91 |
| 30 g Parathion éthylé en émulsion | 97 | 100 |
| 30 g Parathion méthylé en suspension | 50 | 52 |
| 22,5 g Parathion éthylé émulsion | 96 | 100 |
| 132 g O.M.P.A. | 41 | 47 |

Le pourcentage maximum de mortalité a été atteint avant le 16e jour, sauf pour l'H.C.H. en suspension, dont l'action a été beaucoup plus lente que celle des autres produits.

Une autre expérience a été faite sur des pieds de Colza fortement contaminés en plein air qui ont été repiqués dans des pots trois semaines

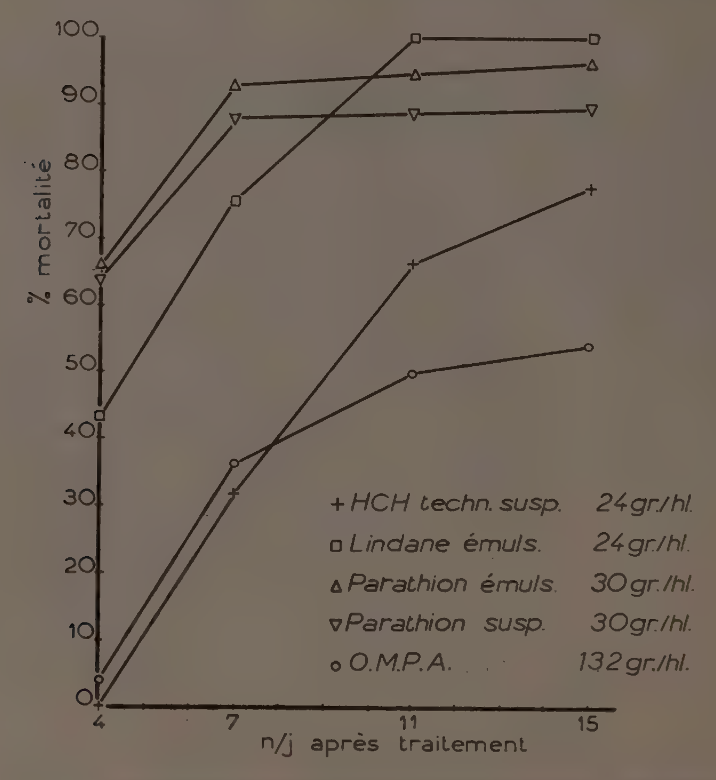



FIG. 77. — Action endothérapeutique de divers insecticides sur les larves de *P. chrysocephala* L.

avant l'application du traitement ; pendant toute la durée de l'essai, les pots ont été placés dans une serre froide où la température moyenne a été de 10° ; les pulvérisations ont été faites le 15 novembre de deux façons différentes ; dans la première série, l'excédent de liquide insecticide s'écoulait dans la terre des pots ; pour la seconde série, un écran était placé au-dessous des feuilles afin que le liquide ne puisse aller dans le sol ou au contact des pétioles ; la quantité de liquide pulvérisée était d'environ 1 200 l à l'ha ; les larves étaient aux 1er, 2e et 3e âges (fig. 77).

### TABLEAU XVI

*Rapidité d'action de différents insecticides endothérapeutiques (Temp. moyenne : 10°)*

| Produits utilisés | Temps après trait. | Pourcentage de mortalité — 1re série — saines | 1re série — malades | 1re série — mortes | 2e série — mortes |
|---|---|---|---|---|---|
| 24 g γ de l'H. C. H. en suspension/hl | 4 | 14,1 | 85,8 | 0 | |
| | 7 | 9,1 | 58,9 | 52 | 19 |
| | 11 | 7,8 | 26,6 | 66,4 | 53 |
| | 15 | 7,2 | 14,8 | 78 | 64 |
| 24 g Lindane en émulsion/hl | 4 | 3,1 | 53,1 | 43,7 | |
| | 7 | 8 | 16,0 | 76 | 45 |
| | 11 | 0 | 0 | 100 | 95 |
| | 15 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 30 g Parathion éthylé en suspension | 4 | 0 | 35,7 | 64,3 | |
| | 7 | 7,1 | 2,5 | 88,4 | 35 |
| | 11 | 6,2 | 4,9 | 88,9 | 83 |
| | 15 | 5,0 | 5,5 | 89,5 | 87 |
| 30 g Parathion éthylé en émulsion | 4 | 6,6 | 26,6 | 66,6 | |
| | 7 | 0 | 6,8 | 93,0 | 66 |
| | 11 | 0 | 5,3 | 94,6 | 86 |
| | 15 | 0 | 3,7 | 96,3 | 93 |
| 22,5 g Parathion éthylé en émulsion | 4 | 6,2 | 24,9 | 68,7 | |
| | 7 | 2,9 | 2,9 | 94,0 | |
| | 11 | 0 | 5,9 | 94,1 | |
| | 15 | 0 | 5,5 | 94,5 | |
| 220 g Octométhylpyrophosphoramide | 4 | 43,7 | 46,8 | 9,3 | |
| | 7 | 29,9 | 56,6 | 13,2 | |
| | 11 | 22,5 | 12,8 | 64,5 | |
| | 15 | 16,0 | 21,0 | 63,0 | |
| 132 g Octométhylpyrophosphoramide | 4 | 43,4 | 52,1 | 4,3 | |
| | 7 | 24,4 | 41,1 | 36,5 | 32 |
| | 11 | 28,1 | 21,8 | 49,9 | 48 |
| | 15 | 20 | 26 | 54 | 52 |

Ces expériences montrent, qu'à une température moyenne de 8 à 10°, le Parathion éthylé en suspension ou en émulsion à la concentration de 22 à 30 g de M.A. par hl, le Lindane en émulsion à moins de 24 g/hl ont fait preuve d'une efficacité de 90 à 100 p. 100 en 15 jours. L'H.C.H. en suspension et l'O.M.P.A. ont été insuffisamment actifs. Le Parathion méthylé a été nettement inférieur au Parathion éthylé ; il est à remarquer que le produit utilisé avait été préparé au laboratoire et il est vraisemblable que ses qualités puissent être nettement améliorées.

Ces expériences et d'autres non mentionnées dans ce travail nous permettent d'étudier comparativement l'action endothérapeutique du Lindane et du Parathion éthylé sous la forme de suspension ou d'émul-

sion et à différentes concentrations. A une température moyenne de 9,5 à 10°, les pourcentages de mortalité sont les suivants le 15e jour :

| | Parathion | |
|---|---|---|
| | suspension | émulsion |
| 15 g M. A./hl | 70 | 75 |
| 22,5 g M. A./hl | 88 | 94,5 |
| 30 g M. A./hl | 89,5 | 96,3 |

| | Lindane | |
|---|---|---|
| | suspension | émulsion |
| 24 g M. A./hl | 78 | 100 |
| 36 g M. A./hl | | 100 |

A concentration égale de matière active, les suspensions sont donc moins efficaces que les émulsions et elles agissent plus lentement.

### b) *Influence de la température*

Nous avons opéré comme précédemment sur des plantes en pots qui ont été placées dans deux locaux, l'un où la température moyenne a été de 4°5 et l'autre de 20° ; un 3e lot était fourni par l'expérience précédente (Temp. moy. : 10°).

Cette expérience (fig. 78) montre que le Parathion agit plus rapidement que le Lindane en émulsion aux températures basses ; pour les trois produits une élévation de la température augmente fortement le pourcentage de mortalité : celui-ci est deux fois plus élevé à 20° qu'à 10°.

Une mortalité moyenne de 50 p. 100 est obtenue dans les conditions suivantes avec le Lindane et le Parathion en émulsion :

| | Température moyenne | | |
|---|---|---|---|
| | 4°5 | 10° | 20° |
| 24 g Lindane/hl | 8,5-9 j | 4,5-5 j | 3 j |
| 30 g Parathion | 6,5-7 j | 3 j | 2 j |

L'expérience mentionnée précédemment montre, qu'à la température moyenne de 5°, le pourcentage de mortalité est voisin de 100 p. 100 20 à 25 jours après le traitement, tant pour le Lindane en émulsion que pour le Parathion en émulsion ou en suspension.

### c) *Influence de l'âge larvaire*

Les essais mentionnés précédemment ont porté sur la population larvaire se trouvant normalement dans le courant du mois de novembre

(30 p. 100 de $L_1$, 40 p. 100 de $L_2$ et 10 p. 100 de $L_3$) et les pourcentages de mortalité indiqués portent sur la population globale.

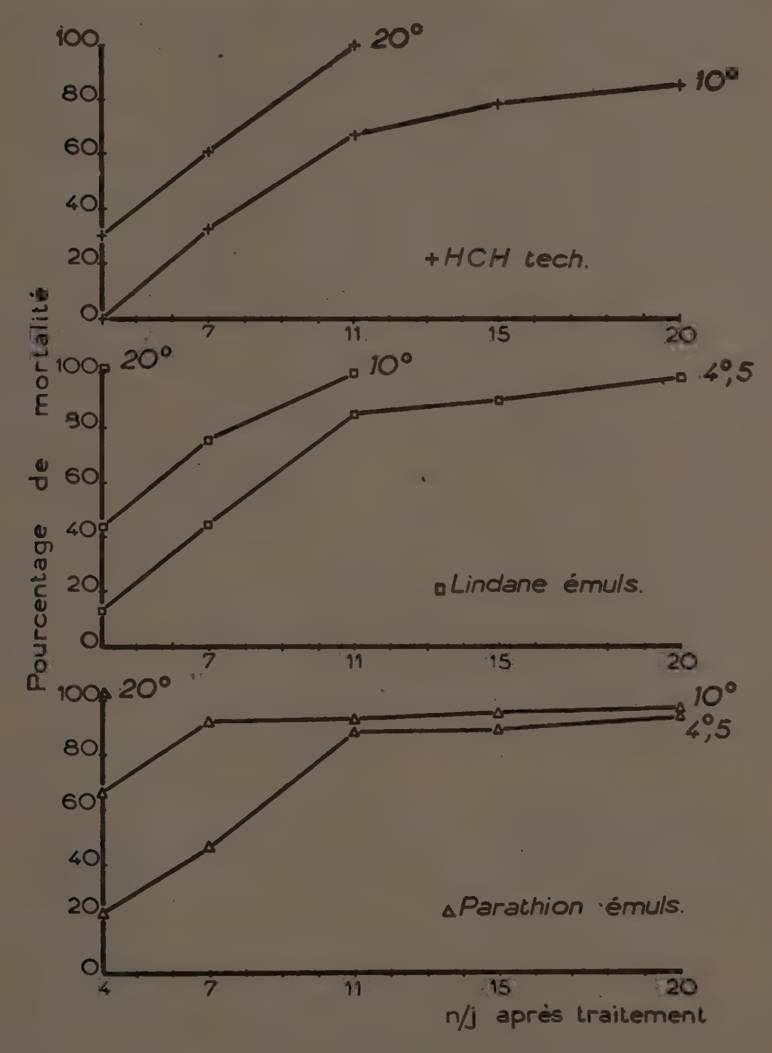



Fig. 78. — Essai d'insecticides endothérapeutiques sur les larves : influence de la température.

Quelle que soit la matière utilisée, la sensibilité des larves vis-à-vis de l'insecticide est d'autant moins grande que l'animal est parvenu à un stade larvaire plus avancé (fig. 79).

A la température moyenne de 10°, la plupart des larves (99 p. 100

des $L_1$, 98 p. 100 des $L_2$, 82 p. 100 des $L_3$) présentent des symptômes d'intoxication, des déformations, des déséquilibres de la locomotion dès

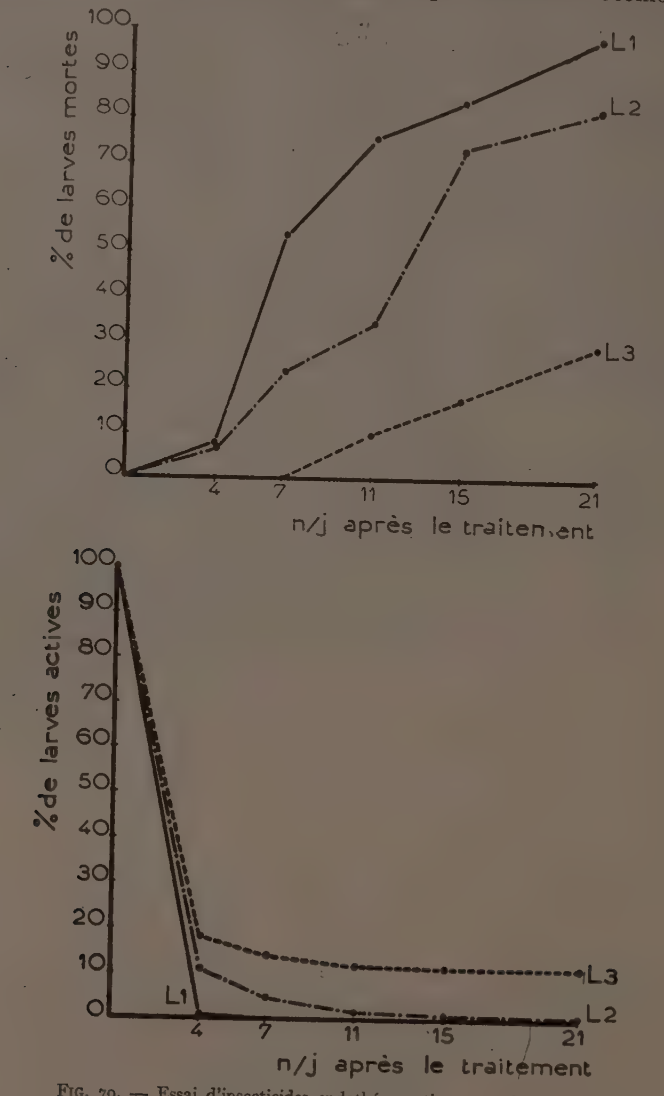



FIG. 79. — Essai d'insecticides endothérapeutiques sur les larves : influence de l'âge larvaire.

le 4e jour ; 100 p. 100 des $L_1$ sont mortes ou moribondes 7 jours après le traitement et 99 p. 100 des $L_2$ le 15e jour ; par contre, 11 p. 100 des $L_3$ restent actives même avec les insecticides les plus efficaces (Lindane

en émulsion, Parathion aux concentrations normales). Une mortalité moyenne de 50 p. 100 est notée le 7e jour avec les larves au 1er âge, le 13e jour pour les larves au 2e âge et le 28e jour pour les larves au 3e âge ; nous avons constaté que 5 p. 100 des $L_2$ et 30 p. 100 des $L_3$ survivent à l'intoxication occasionnée par le Parathion et peuvent terminer leur développement.

d) *Diffusion des substances endothérapeutiques du limbe vers le pétiole*

Nous avons indiqué dans une note les résultats d'essais effectués sur le Chou avec le Parathion éthylé et l'O.M.P.A. ; les Insectes testés étaient le Puceron cendré du Chou (*Brevicoryne brassicae* L. et le Puceron du Pêcher (*Myzodes persicae* SULZ.). En ne traitant que la moitié de la feuille et en dénombrant chaque jour les pucerons vivants sur la moitié non traitée de la feuille, il avait été constaté que 4 à 5 jours étaient nécessaires pour que le Parathion puisse passer d'une moitié de la feuille à l'autre en quantité suffisante pour amener la mort de tous les pucerons- L'O.M.P.A. a diffusé beaucoup plus lentement et 5 p. 100 de la population initiale était vivante le 9e jour (BONNEMAISON 1951).

Nous avons fait en parallèle, à une température moyenne de 10°, des traitements par pulvérisation de la plante, l'excès d'insecticide allant dans la terre du pot et des pulvérisations limitées seulement au limbe foliaire, le pétiole et la terre étant protégés par des écrans ; dans ce dernier cas, nous avons trouvé des larves moribondes sur toute la longueur du pétiole, quelle que fut sa taille, dès la première numération (effectuée le 6e jour après le traitement) ; ceci montre que le Parathion ou le Lindane sont transportés rapidement dans les tissus du pétiole. La rapidité d'action dépend d'un grand nombre de facteurs : de l'âge des tissus (l'efficacité étant d'autant plus grande que la feuille est plus jeune), de la température, de l'âge de la larve et de sa position dans le pétiole. Les insecticides agissent plus rapidement lorsque toute la plante et le sol reçoivent l'insecticide ; dans les deux cas, l'O.M.P.A. agit plus lentement et est moins actif que les deux autres insecticides (fig. 77).

e) *Conclusions sur l'emploi des substances larvicides*

Ces diverses observations nous permettent de fournir certaines précisions relatives à la date et à la réalisation de ces traitements. Ceux-ci seront à conseiller lorsque la population sera en moyenne de 4 à 5 larves par pied et lorsque la longueur maximum des larves sera de 5 mm à la fin d'octobre ou au début de novembre. Pour la région parisienne, la date optimum du traitement se situe au cours de la seconde quinzaine d'octobre ou au début de novembre ; il ne devra être réalisé que par une période de beau temps, afin que l'insecticide ne soit pas entraîné par les

précipitations et que la température moyenne soit voisine de 10°. De tels traitements peuvent également être réalisés en février lorsque les œufs éclosent tardivement, mais leur efficacité sera beaucoup plus faible, les larves étant plus développées et les pétioles ou les feuilles plus âgées.

En pulvérisation ordinaire, la quantité optimum de liquide est de 800 l à l'ha ; l'H.C.H. en suspension et l'O.M.P.A. ne sont pas recommandables en raison de leur efficacité insuffisante ou de la lenteur de leur action. Les insecticides actuellement les plus recommandables sont le Lindane en émulsion à la concentration de 20 g de M.A./hl, le Parathion en suspension à 30 g de M.A./hl ou en émulsion à 22 g de M.A./hl. Les becs des appareils doivent être placés à une hauteur de 10 à 15 cm au-dessus du sol et disposés de façon telle qu'il y ait un jet par ligne de Colza afin que l'insecticide se répartisse sur la face supérieure des feuilles et des pétioles et qu'il puisse s'accumuler dans la région centrale de la plante.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

L'Altise du Colza est une espèce vraisemblablement indigène qui a brusquement occasionné en France des pertes très importantes au cours de l'hiver 1949-1950, soit 8 ans après l'extension de la culture des Crucifères oléagineuses. Cette soudaine pullulation est, pour une large part, attribuable aux caractéristiques climatiques de l'été et de l'automne 1949 qui ont été particulièrement favorables à la multiplication de cette espèce.

La principale particularité biologique que présente l'Altise du Colza réside en ce que les adultes restent en diapause pendant l'été, ne reprennent leur activité qu'à partir des derniers jours d'août, et que la ponte a lieu en automne jusqu'aux premiers froids pour reprendre à la fin de l'hiver ; le comportement, la pullulation de l'Insecte sont sous la dépendance étroite des facteurs écologiques ; enfin, son cycle biologique est remarquablement adapté au cycle végétatif du Colza d'hiver.

Dans le bassin parisien, la reprise de l'activité débute entre le 20 août et le 15 septembre suivant les conditions climatiques estivales et locales. De faibles écarts climatiques régionaux (notamment la température et la pluviomètrie moyennes du mois d'août) peuvent entraîner des différences importantes en ce qui concerne la date de la reprise d'activité ; l'écart peut excéder un mois entre la Brie et le Santerre d'une part, la vallée de l'Eure d'autre part ; en un même lieu, il peut y avoir un écart d'une quinzaine de jours d'une année à l'autre.

Les sorties commencent après une période pluvieuse ; elles se généralisent en quelques jours s'il survient d'assez fortes précipitations durant la seconde quinzaine du mois d'août et si la température est suffisamment élevée (temp. optimum 20°). Elles peuvent s'étaler sur plus d'un mois en période sèche ou froide, ou encore par temps nuageux.

Les Insectes font preuve d'une certaine activité dans les jours qui suivent l'abandon des retraites estivales à la condition que la température soit supérieure à 12° et inférieure à 25° ; ils s'accouplent et s'alimentent des repousses de Colza ainsi que des feuilles de Crucifères sauvages.

Les altises effectuent des vols assez importants ; de proche en proche, elles sont capables d'effectuer des parcours de 3 à 4 km et de franchir des obstacles naturels aussi importants que des forêts ; ces déplacements s'observent principalement par les journées ensoleillées lorsque la température est supérieure à 16-18° ; les vents faibles favorisent le vol.

La durée de la période de dispersion est limitée à la phase de maturation sexuelle ; elle est liée à la température et n'excède généralement pas 10 à 15 jours. Les adultes se concentrent sur les semis de Crucifères oléagineuses d'hiver, principalement sur les bords des champs, à proximité de leurs lieux d'estivation et dans les zones les plus humides.

Ils sont capables de découvrir et d'attaquer les graines en cours de germination ; ils consomment un grand nombre de feuilles cotylédonaire et de jeunes feuilles, ou effectuent des morsures allongées et profondes sur les tigelles et les collets.

Les déplacements cessent généralement lorsque presque toutes les femelles sont parvenues à maturité ; bien que les altises disposent d'importantes réserves adipeuses et qu'elles puissent supporter un jeûne à peu près total pendant plus d'une quinzaine de jours, une déficience alimentaire se traduit par un retard de la maturation ovarienne ce qui entraîne une forte diminution de la ponte automnale.

Les femelles les plus précoces sont matures au moment de la reprise généralisée d'activité. La ponte de l'ensemble de la population a lieu 10 à 15 jours après l'apparition des Insectes, c'est-à-dire entre le 10 septembre et le 20 octobre pour le Bassin parisien ; les œufs sont déposés à la surface ou dans les anfractuosités du sol, isolément ou en petits paquets et au voisinage du collet des Crucifères.

Les femelles élevées dans les conditions écologiques les plus favorables à l'émission des œufs ne pondent pas d'une façon continue. Il a été procédé à diverses expériences afin d'étudier l'action de la température, de l'humidité et de l'alimentation, ce qui a permis de mettre en évidence l'existence d'une émission rythmique d'un nombre d'œufs (12 à 20) correspondant à celui des ovarioles. Sa fréquence croît sensiblement de façon exponentielle avec la température entre 2 et 18° ; la ponte est régulière et continue pour les températures comprises entre 4 et 12°. La fécondité et la longévité diminuent fortement aux températures supérieures à 16°.

Une ponte régulière et importante ne peut avoir lieu que sous une hygrométrie voisine de la saturation et sur un substratum humidifié ;

il se produit une accumulation partielle ou totale des œufs chez une forte proportion de femelles placées sur un substratum sec ; sous une basse humidité relative, on assiste à une résorption générale de l'ovocyte I et même de plusieurs ovocytes.

Des femelles élevées dans des conditions de milieu moyennes (H.R. 70 p. 100 et 15-17°) ont présenté entre le début de septembre et la mi-avril, 3 cycles de ponte séparés par deux périodes où il n'y a pas eu pratiquement d'émission d'œufs ; toutes les conditions favorables à la ponte régulière (H.R. 90 — 100 p. 100, température comprise entre 4 et 12°) contribuent à atténuer et même à faire disparaître complètement ces cycles chez un certain nombre de femelles ; pour les autres qui font preuve d'une fécondité moyenne journalière élevée, il se produit une forte mortalité à une époque correspondant sensiblement à la fin de la première ou de la seconde période de ponte. Ces phases de dépression sont dues à un épuisement physiologique des Insectes, ce qui les rend plus sensibles à l'action des parasites de faiblesse (Grégarines, Muscardines).

Ces faits expliquent la forte mortalité imaginale qui se produit au cours de l'hiver lorsque la ponte automnale a été importante ; au contraire, la mortalité imaginale est très réduite lorsque, l'automne ayant été froid, très peu d'œufs ont été pondus avant l'hiver ce qui a pour conséquence de permettre une forte ponte posthivernale.

L'élevage des femelles à diverses températures constantes et la notation du nombre des morsures révèle qu'il n'y a pas de proportionnalité entre la température d'une part, l'augmentation de la fécondité journalière et celle de l'alimentation d'autre part ; l'augmentation de la température accélère davantage la croissance des ovocytes que le nombre des morsures. Aux températures égales ou inférieures à 8°, la quantité de nourriture ingérée permet une croissance régulière des ovocytes et le maintien, à un état sensiblement constant, des réserves adipeuses. Aux températures comprises entre 12 et 18°, la ponte cesse pendant un certain temps (après l'émission de 150 œufs en moyenne), lorsque les réserves adipeuses sont épuisées, ce qui permet à l'Insecte d'accumuler des réserves adipeuses ainsi que d'autres éléments et de pondre à nouveau. Enfin, aux températures égales ou supérieures à 18°, l'épuisement est beaucoup plus marqué, la mortalité est très élevée et il n'y a généralement pas de reprise de ponte.

Ces phénomènes sont difficilement perceptibles dans les conditions naturelles, la température des mois d'octobre et de novembre étant généralement inférieure à 12° ; ils se produisent parfois lorsque la ponte a débuté précocement et que l'automne est anormalement doux ; on constate alors des anomalies de croissance ovocytaire et un développement des Grégarines ; la ponte reprend au printemps et peut présenter un arrêt temporaire suivi d'une nouvelle émission d'œufs.

La mortalité préhivernale des femelles est due principalement à l'action des Grégarines ; en 1951, les pourcentages de mortalité ont été de 57,5 p. 100 avant les grands froids, de 22,7 p. 100 pendant l'hiver, de 11, 3 p. 100 pendant la période de ponte printanière et de 8,4 p. 100 après la fin de celle-ci. Lorsque la ponte débute tardivement (1952) l'émission des œufs se poursuit tant que la température ne descend pas au voisinage de 0 degré, la mortalité hivernale est négligeable et la ponte printanière peut être exceptionnellement abondante.

En élevage au laboratoire, la fécondité maximum a été de 800 œufs. La fécondité moyenne varie fortement suivant les conditions climatiques ; elle a été, en 1951, de 64 œufs avant l'hiver et de 7 œufs au printemps 1952 ; l'automne 1952 ayant été très rigoureux, la ponte moyenne post-hivernale et printanière a été de 130 œufs. La ponte reprend à partir de février et se termine entre la mi-avril et la mi-mai.

Les œufs ne peuvent se développer que sous une humidité relative de 100 p. 100 et il est nécessaire qu'ils soient de temps à autre en contact avec une pellicule d'eau. La température-seuil pratique est de 2 à 3° et la durée moyenne de l'incubation est de 110 jours à 5°, de 48 jours à 10°. Suivant la température moyenne de la fin septembre et du mois d'octobre, les éclosions auront lieu en automne ou seulement à la fin de l'hiver ; c'est pourquoi des cultures de Colza semées à la même date pourront être attaquées ou non par les larves avant l'hiver (ce qui se traduira par des dégâts importants ou pratiquement nuls suivant les conditions climatiques locales) ; ces variations seront accentuées par les écarts régionaux de la date de reprise d'activité et de ponte. En général, dans le Santerre et la Brie, l'hivernation se fait principalement sous la forme larvaire alors qu'elle a lieu presque totalement à l'état embryonnaire dans l'Eure.

Les attaques larvaires seront sensibles ou insignifiantes suivant que l'automne sera doux ou rude. Une température moyenne supérieure à 4° en janvier et février entraîne l'éclosion d'une forte proportion des œufs hivernants ; dans le cas contraire, le développement embryonnaire ne se termine qu'en mars.

Les larves néonates sont très résistantes au froid, à l'immersion et à l'inanition ; le développement larvaire comprend trois âges et exige 220 jours à une température moyenne de 4°, 90 jours à 10° et 37 jours à 15° ; il n'a pu être obtenu de développement prénymphal et nymphal qu'à une température supérieure à 8-9°. Dès l'éclosion, les larves grimpent sur le collet de la plante et pénètrent dans le pétiole des feuilles inférieures ; elles creusent une galerie relativement large où l'eau peut pénétrer, ce qui entraîne l'éclatement du pétiole en période de gel et ultérieurement la chute des feuilles. Les larves parvenues au troisième âge abandonnent le pétiole, pénètrent dans le collet et la tige et peuvent parve-

nir au bourgeon terminal à la fin de l'hiver. La présence des larves gêne la circulation de la sève et favorise le développement d'affections cryptogamiques (*Phoma lingam*) ou bactériennes. Les attaques larvaires automnales occasionnent au cours du printemps la courbure puis l'éclatement des tiges ; en période sèche, les plantes fortement parasitées se dessèchent ; si les précipitations sont normales, la croissance de la plante se poursuit normalement mais le rendement est diminué.

Les adultes sont apparus à Versailles à partir du 23 mai 1950 et du 15 juin 1951, du 1^er^ juin 1952 et du 1^er^ juillet 1953. Les dates de sorties varient considérablement suivant les conditions climatiques locales ; elles ont été notées dès le 5 juin 1951 aux environs de Corbeil et seulement du 5 juillet 1951 à Crécy-Couvé ; dans cette dernière région, la température moyenne étant plus basse de près d'un degré qu'à Versailles, il n'y a pratiquement pas de larves automnales.

Depuis la sortie des adultes jusqu'au début de la ponte, il peut être distingué 3 périodes : phase d'alimentation, phase d'immobilité et phase de reprise partielle d'activité. Durant la phase d'alimentation, l'animal accumule des réserves graisseuses mais les gonades ne se développent pas. Les Insectes se rassemblent ensuite à l'intérieur des chaumes de Colza, de Coquelicot, de Graminées et, de préférence, dans les endroits frais.

Les déchaumages amènent les altises à abandonner les lieux d'estivation et à se disperser sous le feuillage des plantes sauvage situées en bordure des chemins ou à la lisière des bois.

La reprise partielle de l'activité a lieu durant la seconde quinzaine d'août ; elle se caractérise par des déplacements réduits, le développement rapide des gonades mâles et relativement lent des ovaires ainsi que par la disparition progressive des réserves adipeuses ; ce n'est qu'à la fin de cette période que les Insectes consomment une grande quantité de nourriture.

Diverses expériences ont été faites afin de rechercher les agents intervenant dans le phénomène de l'estivation ; cette diapause imaginale peut se décomposer en une période de prédiapause correspondant à la phase d'alimentation, une période de diapause proprement dite et une période de post-diapause corrélative de la reprise d'activité.

La prédiapause et la diapause ont une durée globale d'une quarantaine de jours indépendante des facteurs écologiques, celle de la post-diapause varie de 0 à 70 jours.

La durée de l'éclairement ne paraît pas avoir d'influence marquée sur la diapause ; une température moyenne inférieure à 18°, une humidité relative supérieure à 80 p. 100, une alimentation constituée par des feuilles jeunes et tendres permettent de réduire la durée de la diapause de 70 — 96 jours à 38 ou 45 jours mais l'action conjuguée de ces divers éléments ne permet pas de la supprimer.

Dans la région parisienne, la diapause ne peut donc être rompue avant la dernière décade d'août ; sa cessation est liée à la chute de fortes pluies. La date de reprise d'activité est largement indépendante de celle de l'apparition des adultes.

Les altises en diapause supportent facilement des températures élevées et de basses hygrométries ; il n'en est pas de même pour les Insectes qui ont commencé à s'alimenter ; les conditions précédentes, intervenant en août et septembre ou au printemps, entraînent une très forte mortalité. Les œufs supportent les grands froids mais sont sensibles à la sécheresse.

Les larves sont très résistantes aux températures basses ou fortes, à l'immersion et à l'inanition. Les prénymphes et les nymphes sont beaucoup plus sensibles aux agents climatiques ou édaphiques et leur croissance ne peut se poursuivre qu'à une température supérieure à 8°.

L'Altise du Colza est attaquée à ses différents stades par des champignons (Entomophtorales, Muscardines), des Bactéries, des Grégarines (*Gregarinia Munieri*), des Nématodes, des Acariens (*Trombidium holosericum*) et des Hyménoptères (*Temelucha carinifera* et *Thersilochus* sp., *Diospilus morosus* et *Diospilus* sp., *Perilitus melanopus*).

L'action de ces divers agents de destruction est faible (à l'exception de *Thersilochus* sp.) ; en raison de la bonne adaptation du cycle biologique de cet Insecte aux conditions écologiques de la région parisienne, la densité de la population imaginale sera, par conséquent, constamment élevée.

Les adultes pourront donc effectuer chaque année des dégâts importants si la date de reprise d'activité coïncide avec la levée, et surtout si la sécheresse ralentit la croissance du végétal. En raison de leur mode d'attaque particulier, le seuil de nuisibilité est relativement faible (2 Insectes au $m^2$).

Les dégâts larvaires les plus graves se produisent lorsque la fin de l'été et l'automne sont chauds et humides, ce qui permet une forte ponte et une rapide croissance larvaire avant l'hiver. L'importance des pertes dépend principalement de la densité des larves au troisième âge à la fin de l'hiver ; la sensibilité variétale est liée au port de la plante et au plus ou moins grand effeuillement basal après les grands froids.

Si la ponte automnale a été réduite, il y a généralement une ponte très importante à la fin de l'hiver. Une forte pluviométrie durant les mois de mars, d'avril ou de mai permet de développement de maladies bactériennes ou cryptogamiques très graves (*Phoma lingam*) qui peut diminuer le rendement de près de 50 p. 100. Il n'a jamais été constaté d'attaque larvaire sur du Colza de printemps.

En nous basant sur des expériences de laboratoire et des observations de plein air faites de 1949 à 1953, nous avons mis au point une méthode (p. 466) permettant de déterminer l'importance de la population lar-

vaire à la fin du mois de novembre et par conséquent de prévoir avec une précision satisfaisante l'importance des dégâts larvaires posthivernaux.

Les *méthodes de lutte* culturales sont basées sur les dates de reprise d'activité et de déplacement des altises ; nous avons vu que les vols des altises ont lieu à des dates différentes suivant les conditions climatiques locales. L'importance des dégâts occasionnés par les morsures imaginales et par les larves automnales pourra être réduite de diverses façons.

Dans les régions où les vols ont lieu précocement, on a intérêt à semer entre le 1er et le 10 septembre afin que la levée n'ait lieu qu'après la fin de la période de vol (Bassin parisien).

Les plantes issues de semis effectués au-delà du 10 septembre ont généralement une croissance languissante et sont parfois détruites par les adultes. Dans les contrées où les vols sont tardifs (région de Mantes, Dreux), il est préférable de semer précocement afin que les plantes soient bien développées au moment où les Insectes s'abattent sur les cultures.

Il est enfin des zones (région centrale de la Beauce et du Hurepoix) où la reprise d'activité se produit à une période intermédiaire entre les deux précédentes ; il est préférable dans ces conditions d'effectuer les semis à la date assurant la croissance optimum des Crucifères et d'avoir recours, si cela s'avère nécessaire, à des traitements insecticides.

D'une façon plus générale, toutes les mesures assurant un rapide développement du Colza en automne contribuent à diminuer l'importance relative des dégâts.

Les adultes restent généralement jusqu'au moment de la reprise d'activité dans les champs où s'est effectuée leur croissance larvaire ou au voisinage de ceux-ci ; on peut donc recommander de déchaumer aussitôt après la récolte des Crucifères afin de permettre la levée des graines tombées. Les adultes resteront en grand nombre sur ces champs et y pondront ; un labour ordinaire réalisé à partir de la mi-octobre permettra de détruire les œufs et les larves.

Le traitement des graines par enrobage à sec avec un produit renfermant au minimum 50 p. 100 de Lindane à la dose de 25 g de produit commercial par kg de graines assure jusqu'à l'apparition de la troisième feuille une bonne protection des plantules contre les attaques des formes adultes de *P. chrysocephala*, et de *Phyllotreta* sp. Cette méthode, peu coûteuse et d'une réalisation aisée, pourra être complétée dans des cas particuliers (semis précoce, automne exceptionnellement doux) par des traitements insecticides.

Les adultes sont facilement détruits par des traitements à base d'Aldrine, de Dieldrine, de D.D.T., d'H.C.H., de Lindane ou de Parathion utilisés en poudrages aux concentrations courantes (DDT à 5 p. 100, HCH à 8 p. 100, Lindane à 1-1,25 p. 100, Parathion à 0,5 p. 100 de M.A.) et à la dose de 20-25 kg à l'ha ou en pulvérisation à 300-400 litres à l'ha

aux doses de M.A. suivantes à l'ha : Aldrine : 400 g, Dieldrine : 300 g, D.D.T. : 800-1 000 g, H.C.H. : 1 200-1 500 g, Lindane : 180-200g, Parathion ou Oléoparathion 100-150 g ; l'efficacité est de 95-100 p. 100, à la condition d'opérer avant le début de la ponte et par une journée suffisamment ensoleillée.

Les larves peuvent être tuées par des pulvérisations de substances ayant une certaine action endothérapeutique : Parathion éthylé en suspension à 30 g MA/hl ou en émulsion à 22 g MA/hl, Lindane en émulsion à 20 g MA/hl, la quantité de liquide à utiliser par ha étant proportionnelle au développement des plantes ; les larves sont d'autant plus sensibles qu'elles sont plus jeunes. Ces traitements sont onéreux et ne peuvent être conseillés que lorsque la population par pied est en moyenne de 4 à 5 larves et la longueur maximum des larves de 5 mm à la fin octobre ; ils sont à faire dans le cours de la seconde quinzaine d'octobre et ne donnent de bons résultats que lorsqu'ils sont appliqués par une période de beau temps et lorsque la température moyenne est voisine de 10°.

*Reçu pour publication le 4 août 1954.*

## BIBLIOGRAPHIE

BABCOCK (K. W.). — The European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hubn) I : A discussion of its dormant periode. *Ecology*, **8**, 45-59. II : A discussion of its seasonal history in relation to various climats. *Ecology*, **8**, 177-193, 1927.

BALACHOWSKY (A.) et MESNIL (L.). — Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. 2 vol., 1921 p., Paris, 1935-1936.

BARBER (G. W.). — Remarks on the number of generations of the European corn Borer in America. *Journ. Econ. Ent.*, **18**, p. 496, 1925.

BEDEL (L.). — Faune des Coléoptères du Bassin de la Seine. *Soc. Ent. France*, **5**, 161-423, 1897-1901.

BLUNCK (H.). — Erdflohkäfer an Olsaaten im Jahre 1920. *Arb. Biol. Reichsanst. f. Land. u. Forstw.*, **10**, 433-444, 1921.

BLUNCK (H.). — Uber die Wirkung arsenhaltiger Gifte auf Oelfruchtschädlinge nach Beobachtungen an der Naumburger Zweigstelle der biologischen Reichsanstalt. *Verh. Deutsch. Ges. Angew. Ent.*, 28-30, 1921, 40-45, 1922.

BLUNCK (H.). — Zur Kenntnis der Lebensgewohnheiten und der Metamorphose getreidebewohnender Halticinen. *Zeitsch. angew. Ent.*, **19**, 357-397, 1932.

BLUNCK (H.). — Krankheiten und Schädlinge von Raps und Rübsen. *Forschungsdienst, Sonderdr.*, **14**, 193-232, 1941.

BODINE (J. H.). — Factors influencing the rate of respiratory metabolism of a developing egg (Orthoptera). *Physiol. Zoology.*, **2**, 459-482, 1929.

BONNEMAISON (L.). — Arrêts de développement et diapauses. *Ann. des Epiphyties*, **11**, N. S. 19-56, 1945.

BONNEMAISON (L.). — Action des températures constantes ou variables sur le développement d'un Hémiptère : *Eurydema ornatum* L. (Pent.) *Ann. des Epiphyties*, **12**, N. S.,115-143, 1946.

BONNEMAISON (L.). — Les parasites animaux des plantes oléagineuses métropolitaines. *Bull. Techn. Inf.*, 201-209, 1948.

Bonnemaison (L.). — Traitements du sol et des semences contre les Taupins. *C. R. Ac. Ag.*, 522-524, 1949.

Bonnemaison (L.). — Essais préliminaires sur les insecticides télétoxiques ou systémiques. *Rev. Path. Vég. et Ent. Agric.*, **30**, 3-15, 1951.

Bonnemaison (L.). — Les insecticides télétoxiques ou systémiques. *Bull. Techn. Inf.*, 223-226, 1951.

Bonnemaison (L.). — Essais de traitement du sol et des semences contre les larves de taupins. *C. R. Ac. Agric.*, 164-167, 1952.

Bonnemaison (L.). — Morphologie et biologie de la Punaise ornée du Chou (*Eurydema ventralis* Kol.). *Ann. des Epiphyties*, **15**, N. S. 2, 127-273, 1952

Bonnemaison (L.). — Principaux parasites animaux des crucifères oléagineuses et méthodes générales de lutte. *Défense des Végétaux*, 3-22, 1952.

Bonnemaison (L.) et Jourdheuil (P.). — Influence de divers insecticides sur la germination et la croissance de quelques plantes cultivées. *Parasitica*, 81-108, 1951.

Bonnemaison (L.) et Jourdheuil (P.). — Observations sur la biologie de l'Altise d'hiver du Colza. Influence des facteurs climatiques. *C. R. Ac. Agr.*, 237-240, 1952.

Bonnemaison (L.) et Jourdheuil (P.). — Essais de traitements chimiques contre les adultes et les larves de l'Altise du Colza (*Psylliodes chrysocephala* L.). Emploi d'insecticides télétoxiques. *C. R. Ac. Agr.*, 335-338, 1952.

Bonnemaison (L.) et Jourdheuil (P.). — Essais de traitement des semences de Crucifères oléagineuses contre les Altises. *C. R. Ac. Agric.*, 491-493, 1954.

Bonnemaison (L.) et Jourdheuil (P.). — Influence de quelques facteurs écologiques sur la ponte d'une Altise. (*Psylliodes chrysocephala L.*) *C. R. Ac. Sc.*, **239**, 1006-1007, 1954.

Borner (C.). — Über den Einfluss der Nahrung auf die Entwicklungsdauer von Pflanzenparasiten nach Untersuchungen an der Reblaus nebst allgemeinen Bemerkungen über Anfälligkeit Resistenz und Immunität. *Zeitsch., angew. Ent.*, **13**, 108-128, 1928.

Borner (C.) und Blunck (H.). — Beitrag zur Kenntnis der Kohl und Rapserdflöhe. *Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land u. Fortsw.*, **18**, 109-119, 1920.

Borner (C.), Blunck (H.), Speyer (W.) et Dampf (A.). — Beiträge zur Kenntnis von Massenwechsel (Gradation) schädlicher Insekten. *Arb. Biol. Reichsanst. f. Land u. Forstw.*, **10**, 405-466, 1921.

Carpenter (G. M.). — A new cabbage eating larva : *Psylliodes chrysocephala* L. *Journ. Econ. Biol.*, **1**, 152-156, 1906.

Carpenter (G. M.). — Injurious Insects and other animals observed in Ireland during the years 1916, 1917 and 1918. *Econ. Proc. R. Dublin. Soc.*, **15**, 259-272, 1920.

Dominguez Garcia Tejero (F.). — Las pulguillas de las cruciferas cultivadas. *Bol. Pat. veg. Ent. agric.*, **14**, 353-368, Madrid 1946. (R.A.E., 1948, p. 204).

Dosse (G.). — Beitrage zum Massenwechsel des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.) *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **52**, 353-373, 1942.

Ebbe-Nyman (E.). — Rapsjordloppan *Psylliodes chrysocephala* L. Bidrag till kännedom om dess biologi och bekämpning. *Statens Växtskyddsanst. Medd.*, **63**, 5-103, 1952.

Ferdinandsen (C.), Rostrup (S.) und Kolpin Ravn (F.). — Oversigt over Landbrugslanternes Sygdomme i 1917. *129 Beretning Statens Forsogsvirks i Plantekultur*, Copenhague, 313-340, 1917.

Focillon (A.). — Résumé d'une première série d'études sur les Insectes qui nuisent aux Colzas. *Revue de Zoologie*, 2e sér., **4**, Paris, 1852.

Frey (W.). — Versuche zur feldmässigen Bekämpfung des Rapsglanzkäfers mit Kontact und Frassgiften. *Arb. Physiol. angew. Ent.*, **8**, 177-196, 1942.

FREY (W.). — Der Rapserdfloh, eine ernste Gefahr für den Oelfruchtanbau. *N. Mittl. f. d. Landw.*, **2**, p. 108, 1947.

GAURY et GUIGNON. — Les Insectes parasites des Crucifères. *Feuilles Jeunes Naturalistes*, p. 127, 1906 ; 97-179, 1907.

GODAN (D.). — Der Einfluss der Witterung auf den Massenwechsel des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Nachr. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, N.F.**1**, 101-104, 1947.

GODAN (D.). — Bericht über die im Winter 1947-48 durchgeführten Untersuchungen von Raps-u-Rübsenproben auf Befall mit Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) larven. *Nachr. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, N.F. **2**, 38-40, 1948.

GODAN (D.). — Uber Prognosestellungen betreffend Massenvermehrungen von Raps und Rübsenschädlingen. *Nach. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, N.F. **2**, 1948.

GODAN (D.). — Einfluss des Bodens auf den Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Nachr. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, N.F. **3**, 140-144, 1949.

GODAN (D.). — Wann ist der Rapserdflohlarven-Befall für den Rapsacker gefährlicher im Herbst oder im Frühjahr? *Nachr. d. Deutsch. Pflanzschutzd.*, **2** 149-153, 1950.

GODAN (D.). — Parasitierung von Rapserdflohlarven. *Anzeig. f. Schädlingskunde*, **23** p. 150, 1950.

GODAN (D.). — Die Feststellung des Rapserdflohlarven-Befalls bei Raps-und Rübsenpflanzen. *Zeitsch. f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz*, **1**, 189-190, 1950.

GODAN (D.). — Uber die Wirkung des Rapserdflohlarven Befalls auf die Rapspflanze. *Mitt. aus der Biol. Zentralanst. Land-und Forstw.* **69**, 1-36,1950.

GODAN (D.). — Die Miniertätigkeit der Larven des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitsch. angew. Ent.*, **32**, 458-475, 1951.

GODAN (D.). — Uber Nahrungs und Brutpflanzen des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Anz. f. Schädlingskunde*, **24**, 81-84, 1951.

GODAN (D.). — Uber den Einfluss hoher und tiefer Temperaturen auf die Entwicklungsstadien des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitsch. f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz*, **2**, 169-178, 1951.

GODAN (D.). — Probleme bei der Bekämpfung von Oelfruchtschädlingen. *Die Naturwissenschaften*, **39**, 99-105, 1952.

GODAN (D.). — Untersuchungen zur Abtötung der Rapserdflohlarven. I Die Wirkung von Phosphorsaüreestern. *Nachr. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **4**, 18-22, 1952.

GRAM (E.) und ROSTRUP (S.). — Oversigt over Sygdomme hos Landbrugets og Havebrugets Kulturplanter i 1923. *Tidsskr. f. Planteavl*, **30**, 361-414, 1924.

GRISON (P.). — Relation de la ponte du Doryphore avec un facteur alimentaire de fécondité. *C. R. Ac. Sc.*, **225**, 1185-1186, 1947.

GUNTHART (E.). — Kohltriebrüssler, Rapstengelrüssler und Rapserdfloh neue Schädlinge für der Rapsanbau in der Schweiz. *Die Grüne*, 317-320, 1946.

GUNTHART (E.). — Lutte contre les insectes exerçant leurs ravages à l'intérieur des plantes crucifères. *Rep. Ist. Int. Congr. Plant Prot.* Heverlee, 305-314, 1946.

HEIKERTINGER (F.). — Resultäte fünfzehnjähriger Untersuchungen über die Nahrungspflanzen einheimischer Halticinen. *Entom. Blatter*, **20**, 214-224, 1924 ; **21**, 10-19, 81-92, 119-131, 155-163, 1925 ; **22**, 1-9, 42-62, 1926.

HEIKERTINGER (F.). — Halticinen, Erdflöhe, in Sorauer. *Handbuch Pflanzkrankh.*, **5**, 199-212, 1928.

JOLY (P.). — La fonction ovarienne et son contrôle humoral chez les Dytiscides. *Arch. de Zoologie Exp. et Gén.*, **84**, 50-164, 1945.

JOURDHEUIL (P.). — Développement sur le colza de maladies bactériennes et cryptogamiques à la suite d'attaques larvaires de l'Altise du Colza (*Psylliodes chrysocephala* L.). *C. R. Ac. Sc.*, **232**, 1963-64, 1951.

JOURDHEUIL (P.). — Essais insecticides contre les adultes et les larves de l'Altise du Colza. (*Psylliodes chrysocephala* L.) *III<sup>e</sup> Congrès Int. Phytopharmacie*. Paris, 1952 (sous presse).

JOURDHEUIL (P.). — L'Altise du Colza. *Phytoma*, **34**, 18-20, 1952.

JUNK und SCHENKLING. — Coleopterum catalogus. 169. Chrysomelidae, Halticinae (HEIKERTINGER (F.) und CISKI (E.). S[t] Gravenage 1940.

KAUFMANN (O.). — Beobachtungen und Versuche zur Frage der Uberwinterung und Parasitierung von Oelfruchtschädlingen aus den Gattungen *Meligethes*, *Phyllotreta*, *Psylliodes* und *Ceuthorrhynchus*. *Arb. Biol. Reichanst. f. Land- u. Forstw.*, **12**, 109-169, 1923.

KAUFMANN (O.). — Neue Gedanken und Erkenntnisse über den Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Nachr. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **20**, 1-3, 1940.

KAUFMANN (O.). — Zur Biologie des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **51**, 305-324, 1941.

KAUFMANN (O.). — Epidemiologie und Massenwechsel des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **51**, 342-369, 1941.

KAUFMANN (O.). — Zur Epidemiologie und Bekämpfung des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitsch. f. Planzenkrankh.*, **54**, 138-153, 1944.

KAUFMANN (O.). — Die Gesunderhaltung des Rapspflanzen als Mittel zur Vermeidung starker Rapsglanzkäferschäden. *Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw.*, **66**, 3-36, 1942.

KAUFMANN (O.). — Neuere Erkenntnisse über den Rapserdfloh. (*Psylliodes chrysocephala* L.) *Mitt. biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw.*, **65**, 72-74, 1941.

KAUFMANN (O.). — Uber Reaktionen der schossenden Rapspflanze auf Rapsglanzkäferfrass und andere Schäden. *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **52**, 486-509, 1942.

KAUFMANN (O.). — Zur Epidemiologie und Bekämpfung des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **54**, 257-278, 1944.

KAUFMANN (O.) und FREY (W.). — Uber die Bekämpfung von Kohlerflöhen auf der Oelfruchtwinterung. *Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw.*, **65**, 74, 1941.

KLOTI-HAUSER. — Welche haüfigen Erdfloh-Arten kommen als Kohlschädlinge in Betracht? *Schweizer. Ent. Ang.*, **2**, 53-54, 1923.

KOVACEVIC (V. Z.). — Uber die wichtigsten Schädlinge der Kulturpflanzen in Slawonien und Baeka. *Verh. Deutsch. Ges. angew. Ent.*, **31**, 33-41, 1929.

LABEYRIE (V.). — Dégâts de l'Altise du Colza sur Choux de printemps en Gironde. *Rev. de Zool. Agric. et App.*, 31, 1949.

LAMPA (S.). — Berättelse till Kongl. Lantbruksstyrelsen angaende resor och förrâttningar under ar 1892 av dess entomolog. *Ent. Tidskr.*, **14**, 1893.

LEMBKE (W.). — Die gefährlichsten Schädlinge des Oelfruchtanbaues. *Wochenbl. Landesbauernsch. Sachsen Anhalt*, **95**, 1175-1176, 1937.

LIND (J.), ROSTRUP (S.) et KOLPIN RAVN (F.). — Oversigt over Landbrugsplanternes Sygdomme i 1915, *105 Beretning fra Statens Forsogsvirksomhed i Plantekultur, Copenhague*, 397-423, 1916.

MEUCHE (A.). — Auswinterungsschäden an Oelfrüchten im Winter 1938-39. *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **50**, 177-188, 1940.

MEUCHE (A.). — Untersuchungen am Rapserfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.), in Ostholstein. *Zeitsch. angew. Ent.*, **27**, 464-495, 1940.

MEUCHE (A.). — Schädlings und Krankheitsbekämpfung im Oelfruchtbau. *Forschungsdienst*, **12**, 176-186, 1941.

MEUCHE (A.). — Zur Uberwinterung des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.), *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **54**, 138-153, 1944.

MEYER (E.). — Versuche zur Bekämpfung des Rapserdflohs, *Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, **54**, 1944.

MULLER-THURGAU (H.), OSTERWALDER (A.) und SCHNEIDER-ORELLI (O.), Bericht der pflanzenphysiologische und pflanzenpathologische Abteilung der schweizerischen Versuchsanstalt für Obst, Wein und Gartenbau in Wädenswill für die Jahre 1915 und 1916. *Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz*, **31**, 416-426, 1917.

MULSANT (E.). — Histoire naturelle des Coléoptères de France. *Altisides* par C. FOUDRAS, 1 vol., 384 p., Paris, 1859-1860.

NEWTON (H. C. F.). — Observations on the Biology of some Flea-Beetles of Economic Importance. *Journ. South. Eastern. Agric. College*, **26**, 145-162, 1929.

NOEL (P.). — Les ennemis des Radis. *Bull. Lab. Rég. Ent. Agric.* Rouen, p. 3, 15-16, 1913.

NOEL (R.). — Les ennemis des Laitues, des Citrouilles, du Laurier, des Navets et des Panais. *Bull. Lab. Rég. Ent. Agric.* Rouen, 4-6, 10-11, 13-15, 1913.

NOEL (P.). — Les ennemis du Lin.*Bull. Lab. Rég. Ent. Agric.* Rouen, 9-11, 1915.

NOLL (I.). — Erdflohschaden und Erdflohbekämpfung. *Die kranke Pflanze*, **19**, 67-70, 1942.

NOLTE (H. W.). — Untersuchungen zur Bekämpfung der Rapschädlinge : I. Wirkung von Ester u. Hexa Mittel auf die Larve des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.) *Nachr. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, N.F. **6**, 222-227, 1952.

NOLTE (H. W.) und FRITZSCHE (R.). — Untersuchungen zur Bekämpfung der Rapsschädlinge. II — Die Bekämpfung des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.) durch Bodenbehandlung mit Hexa-Mitteln. *Nachr. f. d. Deutschen Pflanzenschutz.*, N. F.**8**, 61-69, 1954.

POETEREN (N. Van). — Verslag over de Werkzaamheden van den Plantenziektenkundigen Dienst in het Jaar 1926. *Versl. Plantenziektenk Dienst.*, **51**, 100 p., 1928.

PORTEVIN (G.). — Histoire naturelle des Coléoptères de France. 4 vol. *Encyclopédie entomologique.* Paris, 1929-1934.

RADEMACHER (B.). — Gedanken zu der geplanten Ausdehnung des Oelfruchtanbaues vom Standpunkte des Pflanzenschutzes. *Mitt. deutsch. Landw. Ges.*, **48**, 520, 1933.

RIGGERT (E.). — Der augenblickliche Stand der Schädlings Bekämpfung im Oelfruchtbau. *Deutsch. Landw. Presse*, **65**, 213-214 und 225, 1938.

RITZEMA-BOS (J.). — Tierische Schädlinge und Nützlinge, 1 vol., 1891.

RITZEMA-BOS (J.). — Insektenschade in het Voorjaar 1918. *Meded. Landbouwhoogeschool, Wageningen*, 68-74, 1919.

ROEBUCK (A.). — Fluctuations of Insect Populations : Field Observations. *Ann. App. Biol.*, **23**, 441-444, 1936.

ROEBUCK (A.). — The cabbage Stem Flea Beetle (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Derbysh. Fmr*, **17**, 169-170, 1937.

ROSENBAUM (H.). — Auswinterrungsschäden an Raps. *Die kranke Pflanze*, **16**, 90-92, 1939.

ROSTRUP (S.). — Jordloppeangrebet i 1918. Jordloppernes Levevis og Forsog met deres Bekaempelse. *142 Beretning Statens Forsogsvirks i Plantekultur, Tidsskr. Planteavl.* Copenhague, **27**, 216-286, 1920.

RUSHKOVSKY (I. A.). — Pests of Agriculture in the Govt. of Ufa in 1913. *Agronomical Department of the Zemstvo of the govt of Ufa.* Ufa, 1914-29 p. (R.A.E. 1915, 480-482).

SACHTLEBEN (H.) und PAPE (H.). — Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen im Jahre 1920. *Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land-u. Forstw.*, **23**, 26-101, 1922.

SCHWARTZ (M.). — Schutz der Oelfrüchte gegen Schädlinge. *Deutsche Landw. Presse*, **14**, 210-211, 1918.

SPEYER (M.). — *Perilitus melanopus* RUTHE (Hym. Brac.) als Imaginalparasit von *Ceuthorrhynchus quadridens* PANZ. *Zeitsch. angew. Ent.*, **11**, 132-146, 1925.

STANILAND (L. N.) and BEAUMONT (A.). — Eleventh Annual Report of the Department of Plant Pathology for the year ending september 30th 1934. *Pamphl. Seale-Hayne Agric. Coll.*, **44**, 59 p., 1935.

STANILAND (L. N.) and BEAUMONT (A.). — Twelfth Annual Report of the Department of Plant Pathology for the year ending september 30th 1935. *Pamphl. Seale-Hayne Agric. Coll.*, **46**, 32 p., 1936.

STANILAND (L. N.) and WALTON (C. L.). — The uses of Naphtalene for the control of certain Pests of Market gardens. *Rep. Agric. Hort. Res. Sta. Bristol*, 103-105, 1928.

TASCHENBERG (M.). — Die der Landwirtschaft schädlichen Insekten, 1 vol., 1865.

THIEM (E. von). — Eigenschaften und Wirkungsweise des Hexachlorocyclohexans. *Nachr. f. d. Deutsch. Pflanzenschutsd.*, N.F. **2** 24-30, 1951.

TISCHLER (W.). — Die Uberwinterungsverhältnisse der landwirtschaftlichen Schädlinge. *Zeitsch. ang. Ent.*, **32**, 184-194, 1950.

TULLGREN (A.). — Skadedjur i Sverige Aren 1912-1916. *Entomologiska Avdelningen*, **27**, p. 104, 1916.

TULLGREN (A.). — Kulturväxterna och djurvärlden. *Sveska jordbrukets bok*, Stockolm, 1929.

UNTERSTENHOFER (G.). — Labor und Freilandversuche mit E. 605 zur Bekämpfung von Rapsschädlingen. *Höfchen-Briefe*, **3**, 4-13, 1948.

WAHL (Von). — Schädlinge an der Sojabohne. *Zeitshr. Pflanzenkrankh.* **31**, 194-196, 1921.

WAHL (C. V.) und MULLER (K.). — Bericht der Hauptstelle für Pflanzenschutz in Baden an der grossherzogl. landwirtschaftl. *Versuchsanstalt Augustenberg für das Jahr 1913*, Stuttgart, 70 p., 1914.

WEISS (H.). — Beiträge zur Biologie und Bekämpfung wichtiger Oelfruchtschädlinge. *Monog. angew. Ent.*, **14**, 1-131, 1940.

WIGGLESWORTH (V. B.). — The principles of Insect Physiology, 1 vol. 544 p., London, 1950.

ZIMMERMANN (H.). — Schädlinge der Oelfrüchte. *Ill. Landw. Ztg.* **39**, 153-154 et 166-167, 1920.

ZOGG (H.) und SALZMANN (R.). — Bericht über die Tätigkeit der Eidg. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon für die Jahre 1942-1946. *Landw. Jb. Schweiz*, **61**, 214-222, 1947.

---

# TABLE DES MATIÈRES

## I. — MÉMOIRES ORIGINAUX



## II. — NOTES PHYTOSANITAIRES

## III. — DOCUMENTATION

### 1. Pathologie végétale

# TABLE DES NOMS D'AUTEURS

(Les noms composés en caractères gras rappellent les travaux originaux.)

*Le Directeur-Gérant* : B. LACLAVIÈRE

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), **France.** — 10-4-1955.
*Dépôt légal : 2e trimestre 1955* *N° d'impression : 665*

5e Année. — No 1. (Trimestriel) Janvier-Février-Mars 1954

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

# ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE




INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
*7, rue Keppler — Paris*

# INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-11.
Directeur : R. BRACONNIER





ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.


**TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1953**

| | FRANCE | ÉTRANGER | LE N° |
|---|---|---|---|
| **SÉRIE A. — AGRONOMIE** | | | |
| Abonnement annuel (6 livraisons) | 3.000 | 3.600 | 600 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 300 | 350 | — |
| **SÉRIE D. — ZOOTECHNIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 1.100 | 1.300 | 325 |
| **SÉRIE E. — TECHNOLOGIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 1.100 | 1.300 | 325 |

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43).

# TABLE DES MATIÈRES

5e Année. — N° 2. (Trimestriel) Avril-Mai-Juin 1954

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

# ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE




INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
*7, rue Keppler - Paris*

# INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

### Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

*Président*........... M. le Ministre de l'Agriculture.
*Vice-Président*....... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

### Comité Permanent de la Recherche Agronomique

*Président*........... M. le Professeur LEMOIGNE.
*Membres*........... MM. les Professeurs BRESSOU, Joseph LEFEVRE, TERROINE.
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique.
Les Directeurs centraux de Recherches.

### Rédaction des Annales

Série A. — *Agronomie* : M. BOISCHOT, Directeur de la Station Centrale d'Agronomie générale.

Série B. — *Amélioration des plantes* : M. MAYER, Directeur de la Station Centrale d'Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties* : M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.
M. LIMASSET, Directeur de la Station Centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie* : MM. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Série E. — *Technologie agricole* : M. FLANZY, Directeur de la Station Centrale de Recherche sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station Centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

### TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1953

| | FRANCE | ÉTRANGER | LE N° |
|---|---|---|---|
| **SÉRIE A. — AGRONOMIE** | | | |
| Abonnement annuel (6 livraisons) | 3.000 | 3.600 | 600 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 300 | 350 | — |
| **SÉRIE D. — ZOOTECHNIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 1.100 | 1.300 | 325 |
| **SÉRIE E. — TECHNOLOGIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 1.100 | 1.300 | 325 |

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43).

## PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

*Vient de paraître :*

**La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.**
Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations . . **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950** fr.)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques. »

**Rapport annuel 1951.**
Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

●

*Vient de paraître :*

**L'acoustique des Orthoptères.**
(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) . . . . . . . . . . . . . . . . **2.700 fr.**
(franco **2.800** fr.).

Pour paraître en 1955 :

**La Physiologie de l'insecte,** par RÉMY CHAUVIN. 2e édition entièrement revue et corrigée.

●

*PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :*

**Les Blés tendres cultivés en France,** par JONARD (Paris 1951) **1.600** fr.

**Monographie des principales variétés de Pêchers,** par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) . . . . . . . . . . . **2.600** fr.

**La Culture du Maïs Hybride en France** . . . . . . . . . . **550** fr.

●

*Les commandes doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.*

*Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.*

# TABLE DES MATIÈRES

5e Année. — N° 3. (Trimestriel) Juillet-Août-Septembre 1954

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

# ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE




INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
*7, rue Keppler — Paris*

# INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

---

**Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique**

*Président* .......... M. le Ministre de l'Agriculture.
*Vice-Président* ...... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

**Comité Permanent de la Recherche Agronomique**

*Président* .......... M. le Professeur LEMOIGNE.
*Membres* .......... MM. les Professeurs BRESSOU, Joseph LEFEVRE, TERROINE.
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique.
Les Directeurs centraux de Recherches.

---

**Rédaction des Annales**

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Série A. — *Agronomie* : M. BOISCHOT, Directeur de la Station Centrale d'Agronomie générale.

Série B. — *Amélioration des plantes* : M. MAYER, Directeur de la Station Centrale d'Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties* : M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.
M. LIMASSET, Directeur de la Station Centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie* : MM. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Série E. — *Technologie agricole* : M. FLANZY, Directeur de la Station Centrale de Recherche sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station Centrale de Microbiologie et de Recherche laitière.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

**TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1955**

| | FRANCE | ÉTRANGER | LE N° |
|---|---|---|---|
| **SÉRIE A. — AGRONOMIE** | | | |
| Abonnement annuel (6 livraisons) .................... | 3.000 | 3.600 | 600 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part .................... | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) .................... | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part .................... | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) .................... | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part .................... | 300 | 350 | — |
| **SÉRIE D. — ZOOTECHNIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) .................... | 1.100 | 1.300 | 325 |
| **SÉRIE E. — TECHNOLOGIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) .................... | 1.100 | 1.300 | 325 |

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43).

## PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

*Vient de paraître :*

**La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.**

Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations . . . **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950** fr.)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques. »

**Rapport annuel 1951.**

Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

**L'acoustique des Orthoptères.**

(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . **2.700 fr.**
(franco **2.800** fr.).

●

## REPRODUCTION D'ARTICLES

A compter du 1er janvier 1955 l'Institut National de la Recherche Agronomique a organisé un service de reproduction sur microfilm (film de 35 mm.), sur microfiche (pellicule de 75 × 35 mm.) ou sur papier des travaux publiés dans les périodiques scientifiques dont la référence précise lui est donnée.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. le chef du Service de Documentation, Centre National de la Recherche Agronomique, route de Saint-Cyr, Versailles.

●

*Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.*

*Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.*

# TABLE DES MATIÈRES

5e Année. — N° 4. (Trimestriel) Octobre-Novembre-Décembre 1954

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

# ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE




INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
*7, rue Keppler — Paris*

# INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-11.
Directeur : R. BRACONNIER

---




ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.


TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1955

| | FRANCE | ÉTRANGER | LE N° |
|---|---|---|---|
| **SÉRIE A. — AGRONOMIE** | | | |
| Abonnement annuel (6 livraisons) | 3.000 | 3.600 | 600 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 400 | 450 | — |
| **SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 2.300 | 2.700 | 650 |
| Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part | 300 | 350 | — |
| **SÉRIE D. — ZOOTECHNIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 1.100 | 1.300 | 325 |
| **SÉRIE E. — TECHNOLOGIE** | | | |
| Abonnement annuel (4 livraisons) | 1.100 | 1.300 | 325 |

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut 7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43).

## PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

**La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.**

Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations . . **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950** fr.)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques. »

**Rapport annuel 1952.**

Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

**L'acoustique des Orthoptères**

(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . **2.700 fr.**
(franco **2.800** fr.)

●

## REPRODUCTION D'ARTICLES

A compter du 1er janvier 1955 l'Institut National de la Recherche Agronomique a organisé un service de reproduction sur microfilm (film de 35 mm.), sur microfiche (pellicule de 75 × 35 mm.) ou sur papier des travaux publiés dans les périodiques scientifiques dont la référence précise lui est donnée.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. le chef du Service de Documentation, Centre National de la Recherche Agronomique, route de Saint-Cyr, Versailles.

●

*Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.*

*Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U.N.E.S.C.O.*

## TABLE DES MATIÈRES

